

(19)日本国特許庁 (JP)

E4582
(12) 特許公報 (B2)

(11)特許出願公告番号

特公平8-10463

(24) (44)公告日 平成8年(1996)1月31日

(51) Int.Cl.⁶
G 0 6 T 7/00
G 0 1 B 11/00
G 0 1 N 21/88

識別記号 広内整理番号
Z
E
J

F I

技術表示箇所

G 0 6 F 15/ 62 4 0 5 C

発明の数5(全28頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願昭62-174048

(22)出願日 昭和62年(1987)7月14日

(65)公開番号 特開昭63-88682

(43)公開日 昭和63年(1988)4月19日

(31)優先権主張番号 8 8 5 1 9 7

(32)優先日 1986年7月14日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 99999999

ケイエルエイ・インストラメンツ・コーポ
レーション

アメリカ合衆国95052カリフォルニア州・
サンタクララ・ミッション カレッジ ブ
ーレバード・2051

(72)発明者 ドナルド・エフ・スペチト

アメリカ合衆国94022カリフォルニア州・
ロスアルトス・テラス ドライブ・869

(72)発明者 ティム・エス・ウイル

アメリカ合衆国95116カリフォルニア州・
サンホゼ・チエツカーズ ドライブ・
162

(74)代理人 弁理士 山川 政樹 (外2名)

審査官 麻野 耕一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 物体の欠陥を検出する方法および装置

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】パターンを表面に有する物体の欠陥を検査する方法であって、
物体の選択された表面領域を検査し、ピクセル毎の映像内容を表す信号値を持つ第1のデータ流を発生する検査過程と、
比較するピクセル毎の映像内容を表す信号値を持つ第2のデータ流を発生する過程と、
第1のデータ流と第2のデータ流の相互に対応する部分それを記憶装置に格納する過程と、
第1のデータ流の格納されている部分(第1データ部分)と第2のデータ流の格納されている部分(第2データ部分)との間の不一致を、ピクセルの寸法より小さい細かさの精度で検出する過程と、
第1データ部分と第2データ部分とを、サブピクセル補

2

間を用いて整列させて、検出された不一致を修正する過程と、

整列させられた第1データ部分と第2データ部分の相互に対応するデータ副部分の相互比較をして差を検出し、差が検出された時に、検査されている物体の特定のピクセル位置における欠陥を指示する過程と
を備えることを特徴とする、パターンを表面に有する物体の欠陥を検査する方法。

【請求項2】特許請求の範囲第1項記載の方法であって、格納されている第1データ部分と第2データ部分とを整列させるのには、第1データ部分と第2データ部分の少なくとも一方をピクセルの整数倍だけ移動させることも用いられることを特徴とする方法。

【請求項3】特許請求の範囲第2項記載の方法であって、格納されている第1データ部分と第2データ部分と

THIS PAGE BLANK (USPTO)

の整列が、差の平方和アルゴリズムを用いて行われ、それら間の整列誤差が動的に決定されることを特徴とする方法。

【請求項4】特許請求の範囲第3項記載の方法であつて、格納されている第1データ部分と第2データ部分との整列が、相互にピクセルの整数倍分だけ移動させられたデータ副部分の差の平方和を計算し、差の平方和を最小にする移動量を見いだし、整数倍移動の間で補間して最適のサブピクセル移動量を見いだすことによって行われる、ことを特徴とする方法。

【請求項5】特許請求の範囲第1項記載の方法であつて、格納されている第1データ部分と第2データ部分との整列が、交差相関関数の最大値を計算し、格納されている第1データ部分と第2データ部分の少なくとも一方をそれに相応して移動させることによって行われる、ことを特徴とする方法。

【請求項6】特許請求の範囲第1項記載の方法であつて、格納されている第1データ部分と第2データ部分との整列が、それらの一方を他方に対して、記憶装置におけるアドレスの移動によって動かすことによって行われ、1つのピクセルより小さい移動はサブピクセル補間により行う、ことを特徴とする方法。

【請求項7】特許請求の範囲第6項記載の方法であつて、使用する補間の種類は、

(a) 直線補間、

(b) sカーブ補間、

(c) 多項式または他の一般的な関数をピクセル群に適合すること、

(d) $\sin x/x$ 補間またはその近似

より成る群から選択されることを特徴とする方法。

【請求項8】特許請求の範囲第3項記載の方法であつて、差の平方和アルゴリズムは、第1データ部分における特定のピクセルアレイからの差の平方和と、第2データ部分からの対応するピクセルアレイの複数の繰り返しアレイそれからの差の平方和との比較を含み、各繰り返しアレイは、前記対応するピクセルアレイに対して、直交するX方向、Y方向の少なくとも一方の方向に所定の増分だけ移動させたものである、ことを特徴とする方法。

【請求項9】特許請求の範囲第8項記載の方法であつて、前記特定のピクセルアレイは、第1データ部分からの $n \times m$ のピクセルアレイデータであり、前記複数の繰り返しアレイは、第2データ部分から得た対応する $n \times m$ のピクセルアレイを、異なる増分ずつずらせて得た複数のデータアレイであり、前記特定のピクセルアレイでの差の平方和と、前記複数のデータアレイでの差の平方和との間で検出された最小差が、第1データ部分と第2データ部分とを整列させるのに要するX移動量とY移動量を示し、これらの移動量が第1データ部分と第2データ部分との整列に使用される、ことを特徴とする方法。

【請求項10】特許請求の範囲第9項記載の方法であつて、整列させられた第1データ部分と第2データ部分の相互に対応するデータ副部分の相互比較は、

整列させられた第1データ部分の特定の $p \times p$ アレイに対応するデータを、整列させられた第2データ部分からの対応する $p \times p$ アレイを異なるサブピクセル増分ずつずらせて得た複数の $p \times p$ アレイに対して相関をとり、それぞれの相関値を求め、求めた相関値を閾値と比較して欠陥の存在を検出すること、

10 によるものである方法。

【請求項11】特許請求の範囲第9項記載の方法であつて、整列させられた第1データ部分と第2データ部分の相互に対応するデータ副部分の相互比較は、

整列させられた第1データ部分の特定の $q \times q$ アレイの

- データを加えあわせたものを、整列させられた第2データ部分からの対応する $q \times q$ アレイをサブピクセル増分だけずらせて得た $q \times q$ アレイのデータの和から減算する、面積減算アルゴリズムによるものであり、減算結果を閾値と比べ、減算結果が閾値を越えていることにより欠陥の存在が示される、ことを特徴とする方法。

【請求項12】特許請求の範囲第1項記載の方法であつて、整列させられた第1データ部分と第2データ部分の相互に対応するデータ副部分の相互比較は、

整列させられた第1データ部分の特定の $p \times p$ アレイに対応するデータを、整列させられた第2データ部分からの対応する $p \times p$ アレイを異なるサブピクセル増分ずつずらせて得た複数の $p \times p$ アレイに対して相関をとり、それぞれの相関値を求め、求めた相関値を閾値と比較して欠陥の存在を検出すること、

によるものである方法。

【請求項13】特許請求の範囲第1項記載の方法であつて、整列させられた第1データ部分と第2データ部分の対応するデータ副部分との比較は、

整列させられた第1データ部分の特定の $q \times q$ アレイのデータを相互に加えあわせたものを、整列させられた第2データ部分からの対応する $q \times q$ アレイをサブピクセル増分だけずらせて得た $q \times q$ アレイのデータの和から減算する、面積減算アルゴリズムによるものであり、

- 40 減算結果を閾値と比べ、減算結果が閾値を越えていることにより欠陥の存在が示される、ことを特徴とする方法。

【請求項14】特許請求の範囲第1項記載の方法であつて、第1のデータ流に対して、記憶装置に格納する前に、直交するX方向およびY方向において補間を行って映像データの幾何学的歪みの修正をする過程と、第2のデータ流を、第1のデータ流の修正に必要な時間に相応する期間だけ遅延させる過程とを備えることを特徴とする方法。

【請求項15】特許請求の範囲第14項記載の方法であつ

て、

前記X方向とY方向における前記補間を、較正動作中に予め決定された調節パラメータに応答して行うことを特徴とする方法。

【請求項16】特許請求の範囲第1項記載の方法であつて、

第1のデータ流と第2のデータ流は、一対の電子光学的装置を用いて検査される物体の第1の表面領域と第2の表面領域それぞれに対応し、

前記一対の電子光学的装置の検出特性に対応するX補間データおよびこれに直交するY補間データを発生する補間データ発生過程にして、X補間データおよびY補間データは、組み合わされて、電子光学的装置において検出されるピクセルデータの光学的歪みおよび機械的歪みの双方に関する電子光学的装置検出特性を特定するものである、補間データ発生過程と、

X補間データを使用し、第1のデータ流に対して、記憶装置に格納する前に、第1の動的な補間を行う過程と、Y補間データを使用し、第1のデータ流のX補間されたものに対して、記憶装置に格納する前に、第2の動的な補間を行う過程と、

第2のデータ流を、X補間およびY補間された第1のデータ流に時間的に一致するよう、遅延させる過程とを備えることを特徴とする方法。

【請求項17】特許請求の範囲第1項記載の方法であつて、第1および第2のデータ流において表されている物体特徴の寸法がほぼ等しくなるよう、第1および第2のデータ流の少なくとも一方におけるデータを調節する補間を用いて、第1および第2のデータ流に対して寸法修正を行う過程を備えることを特徴とする方法。

【請求項18】特許請求の範囲第17項記載の方法であつて、前記寸法修正は、第1および第2のデータ流において前記物体特徴によりカバーされる広い映像データ面積の百分率を測定し、前記物体特徴それぞれの周囲を測定し、前記面積に関する測定値を前記周囲の測定値で除して、第1および第2のデータ流中の対応するデータを一致させるために要する寸法変更値を得、第1および第2のデータ流の少なくとも一方のデータを調節して前記データの一一致を行わせること

によるものである方法。

【請求項19】特許請求の範囲第1項記載の方法であつて、前記検査過程は第1のデータ流および第2のデータ流を発生する一対の光学的装置を用いて行われ、第1のデータ流と第2のデータ流とは対応する物体表面領域に係るもので、それらの物体表面領域は、第1の信号レベルのデータにより表される同一と推定される特徴と、第2の信号レベルのデータにより表される背景と、前記第1のレベルと前記第2のレベルの間の信号レベルを有するデータにより表される特徴縁部とを有しており、

前記第1のデータ流の縁部データをマッピングする過程

と、

前記第2のデータ流の縁部データをマッピングする過程と、

前記第1のデータ流および前記第2のデータ流における対応する縁部データの位置関係を検出する過程と、検出された位置関係を用い、第1および第2のデータ流の少なくとも一方のデータ流中の縁部データを、他方のデータ流中の対応する縁部データに位置的により厳密に一致するよう、再マップすること

を特徴とする方法。

【請求項20】第1の光学的映像に対応する第1の電子データ流と、第2の光学的映像に対応する第2の電子データ流とを処理する電子光学的装置における映像回転歪みと光学的歪みの少なくとも1つを修正する方法において、

一対の光学的サブ装置の検出特性に対応する直交するX補間データとY補間データを発生する補間データ発生過程にして、X補間データとY補間データは組み合わされて、第1および第2の光学的映像の対応するピクセル領域から検出されるピクセルデータの光学的歪みおよび機械的歪みに関する光学的サブ装置検出特性を特定するものである、補間データ発生過程と、

前記X補間データを用いて前記第1のデータ流におけるデータについて第1の動的な補間を行う過程と、前記Y補間データを用いて前記第1のデータ流におけるX補間されたデータについて第2の動的な補間を行う過程と、

第2のデータ流を、X補間およびY補間された第1のデータ流に時間的に一致するよう、遅延させる過程と

を備えることを特徴とする、電子光学的装置における映像回転歪みと光学的歪みの少なくとも1つを修正する方法。

【請求項21】パターンを表面に有する物体の欠陥を検査する検査装置であつて、

物体の選択された表面領域を検査し、ピクセル毎の映像内容を表す信号値を持つ第1のデータ流を発生する検査する検査手段と、

比較するピクセル毎の映像内容を表す信号値を持つ第2のデータ流を発生する手段と、

第1のデータ流と第2のデータ流の相互に対応する部分それを格納する記憶手段と、

第1のデータ流の格納されている部分（第1データ部分）と第2のデータ流の格納されている部分（第2データ部分）との間の不一致を、ピクセルの寸法より小さい細かさの精度で検出する不一致検出手段と、

第1データ部分と第2データ部分とを、サブピクセル補間を用いて整列させて、検出された不一致を修正する整列手段と、

整列させられた第1データ部分と第2データ部分の相互に対応するデータ副部分の相互比較をして差を検出し、

差が検出された時に、検査されている物体の特定のピクセル位置における欠陥を指示する検出手段とを備えることを特徴とする、パターンを表面に有する物体の欠陥を検査する検査装置。

【請求項22】特許請求の範囲第21項記載の検査装置であって、前記整列手段は、差の平方和のアルゴリズムを実行して、第1データ部分と第2データ部分の整列誤差を動的に決定する論理回路を含むことを特徴とする検査装置。

【請求項23】特許請求の範囲第22項記載の検査装置であって、前記論理回路は、前記第1のデータ部分からの特定の $n \times m$ ピクセルデータアレイと、前記第2のデータ部分からの、対応する $n \times m$ ピクセルデータアレイとに関する差の平方和を発生し、かつ、前記特定の $n \times m$ アレイと、前記対応する $n \times m$ アレイをX方向とY方向の少なくとも一方の方向にピクセル整数増分だけずらせて得た複数の繰り返しアレイとに関する差の平方和を発生する手段を含み、前記整列手段は、差の平方和を用いて前記検出された不整列を修正するプロセッサ手段を含むことを特徴とする検査装置。

【請求項24】特許請求の範囲第23項記載の検査装置であって、前記プロセッサ手段は、差の平方和を最小にするピクセル移動を決定する手段と、整数移動の間で補間して最適なサブピクセル移動を見いだす手段とを含むことを特徴とする検査装置。

【請求項25】特許請求の範囲第23項記載の検査装置であって、前記不一致検出手段は、第1データ部分からの特定の $p \times p$ ピクセルアレイデータと、第2データ部分からの対応する $p \times p$ ピクセルアレイデータとに関する差の平方和を発生し、前記特定の $p \times p$ ピクセルアレイデータと、前記対応する $p \times p$ ピクセルアレイデータを、異なるピクセル増分ずつ、X方向およびY方向の少なくとも一方の方向においてずらせて得た複数の $p \times p$ アレイそれぞれとに関する差の平方和を発生する手段と、前記差の平方和を選択した閾値に対して比較し、差の平方和の全てが前記閾値を超過したとき、欠陥を指示する手段とを備えたことを特徴とする検査装置。

【請求項26】特許請求の範囲第23項記載の検査装置であって、整列させられた第1データ部分の特定の $q \times q$ アレイのデータを加えあわせたものを、整列させられた第2データ部分からの対応する $q \times q$ アレイをサブピクセル増分だけずらせて得た $q \times q$ アレイのデータの和から減算する、面積減算アルゴリズムを実行する論理回路と、減算結果を閾値と比べ、減算結果が閾値を越えていると欠陥の存在を示す手段とを備えたことを特徴とする検査装置。

【請求項27】特許請求の範囲第21項記載の検査装置であって、前記不一致検出手段は、

第1データ部分からの特定の $p \times p$ ピクセルアレイデータと、第2データ部分からの対応する $p \times p$ ピクセルアレイデータとに関する差の平方和を発生し、前記特定の $p \times p$ ピクセルアレイデータと、前記対応する $p \times p$ ピクセルアレイデータを、異なるピクセル増分ずつ、X方向およびY方向の少なくとも一方の方向においてずらせて得た複数の $p \times p$ アレイそれぞれとに関する差の平方和を発生する手段と、

前記差の平方和を選択した閾値に対して比較し、差の平方和の全てが前記閾値を超過したとき、欠陥を指示する手段とを備えたことを特徴とする検査装置。

【請求項28】特許請求の範囲第21項記載の検査装置であって、

整列させられた第1データ部分の特定の $q \times q$ アレイのデータを加えあわせたものを、整列させられた第2データ部分からの対応する $q \times q$ アレイをサブピクセル増分だけずらせて得た $q \times q$ アレイのデータの和から減算する、面積減算アルゴリズムを実行する論理回路と、減算結果を閾値と比べ、減算結果が閾値を越えていると欠陥の存在を示す手段とを備えたことを特徴とする検査装置。

【請求項29】特許請求の範囲第21項記載の検査装置において、光学装置およびこれに付随していて第1のデータ流を発生する光検出手段が、前記検査手段に設けられており、

第1のデータ流に対して、記憶装置に格納する前に、直交するX方向およびY方向において、映像データの幾何学的歪みの修正をする補間を行う手段と、

第2のデータ流を、第1のデータ流の修正に必要な時間に相応する期間だけ遅延させる手段とを備えたことを特徴とする検査装置。

【請求項30】特許請求の範囲第21項記載の検査装置において、比較するピクセル毎の映像内容を表す信号値を持つ前記第2のデータ流を発生する手段は、第1のデータ流の比較対象となる理想的な映像データをデータベースから発生するよう構成されたデータ処理装置であることを特徴とする検査装置。

【請求項31】特許請求の範囲第21項記載の検査装置において、光学装置およびこれに付随していてデータ流を発生する光検出手段が、前記検査手段および第2のデータ流を発生する手段の少なくとも一方に設けられており、

光学的装置の検出特性に対応する直交するX補間データとY補間データにして、組み合わされて、対応するピクセル領域から検出されるピクセルデータの光学的歪みおよび機械的歪みに関する光学的装置検出特性を特定するX補間データとY補間データを発生する補間データ発生

手段と、

前記X補間データを用いて、前記第1のデータ流について、その一部を記憶装置に格納する前に、第1の動的な補間を行う手段と、

前記Y補間データを用いて、X補間された第1のデータ流について、その部分を記憶装置に格納する前に、第2の動的な補間を行う手段と、

第2のデータ流を、X補間およびY補間された第1のデータ流に時間的に一致するよう、遅延させる手段と備えることを特徴とする検査装置。

【請求項32】特許請求の範囲第21項記載の検査装置において、前記第1のデータ流および第2のデータ流の少なくとも一方におけるデータを、それらのデータ流において表されている物体特徴の寸法が相互にほぼ等しくなるよう、調節することにより、寸法修正をおこなう寸法修正手段を備えることを特徴とする検査装置。

【請求項33】特許請求の範囲第32項記載の検査装置において、前記寸法修正手段は、第1および第2のデータ流において前記物体特徴によりカバーされる広い映像データ面積の百分率を測定し、前記物体特徴それぞれの周囲を測定し、前記面積に関する測定値を前記周囲の測定値で除して、第1および第2のデータ流中の対応するデータを一致させるために要する寸法変更値を得る手段と、第1および第2のデータ流の少なくとも一方のデータを調節して前記データの一一致を行わせる調節手段とを備えることを特徴とする検査装置。

【請求項34】特許請求の範囲第33項記載の検査装置において、前記調節手段は、前記縁部を表すピクセルのグレイスケールレベルデータの大きさを上または下にデジタル的に再マッピングして、プロセスの変動による線幅の変動の影響を打ち消す手段を含むことを特徴とする検査装置。

【請求項35】パターンを表面に有する物体の欠陥を検査する検査装置であって、

物体の選択された第1の表面領域を検査し、各ピクセルの映像内容を表す信号値を持つ第1のデータ流を発生する手段と、

前記物体の表面領域のうち、前記第1の表面領域に対応する表面特性を持つ筈である第2の表面領域を検査し、前記第2の表面領域の各ピクセルの第2のデータ流を発生する手段と、

第1のデータ流および第2のデータ流の対応する部分を格納する手段と、

前記第1のデータ流の格納されている部分（第1データ部分）と前記第2のデータ流の格納されている部分（第2データ部分）の間の不整列を、ピクセルの寸法より小さい細かさの精度で検出する手段と、

第1データ部分と第2データ部分とを整列させ、検出された不整列を修正する手段と、

整列させられた第1データ部分および第2データ部分の 50

対応するデータ副部分相互の比較をして、それら間の差を検出し、差を検出したときに、検査されている物体上の特定のピクセル場所における欠陥の所在を指示する手段と

を備えることを特徴とする、パターンを表面に有する物体の欠陥を検査する検査装置。

【請求項36】パターンを表面に有する物体の欠陥を検査する検査装置であって、

物体の選択された表面領域を検査し、各ピクセルの映像内容を表す信号値を持つ第1のデータ流を発生する手段と、

前記第1のデータ流の各ピクセルの理想的な映像内容に対応する基準データ値を発生する第2のデータ流をデータベースから発生する手段と、

前記第1のデータ流と前記第2のデータ流の相互に対応する部分それぞれを格納する手段と、

前記第1のデータ流の格納されている部分（第1データ部分）と前記第2のデータ流の格納されている部分（第2データ部分）の間の不整列を、ピクセルの寸法より小さい細かさの精度で検出する手段と、

第1データ部分と第2データ部分とを整列させ、検出された不整列を修正する手段と、

整列させられた第1データ部分および第2データ部分の対応するデータ副部分相互の比較をして、それら間の差を検出し、差を検出したときに、検査されている物体上の特定のピクセル場所における欠陥の所在を指示する手段と

を備えることを特徴とする、パターンを表面に有する物体の欠陥を検査する検査装置。

【発明の詳細な説明】

【利用分野】

本発明は全体として微細な物を検査する方法および装置に関するものであり、更に詳しくいえば、検査されるホトマスク等の部分を同じホトマスクの他の部分、または既存のデータベースに格納されている類似の部分に対応するデータと比較することにより、ホトマスク等における極めて小さい欠陥を自動的に検出および識別できる改良したホトマスクおよび焦点板（レチクル）を検査する方法および装置に関するものである。

【従来技術および問題点】

繰返えされる幾何学的デザインのアレイを含んでいるホトマスクおよびその他の物体中の欠陥は、アレイの1つの部分をアレイの別の領域の対応する部分と比較することにより検出できることがかなり以前から知られている。たとえば、米国特許第4,247,203号および第4,743,001号明細書に開示されている装置においては、欠陥がなければ同一である同じホトマスクの細い条の2つの部分を同時に走査することにより、ホトマスクの欠陥が光学的に検出される。2つの検出の間のどのような差も、ホトマスク部分の1つの可能な欠陥が存在することを示

11

し、その欠陥の位置をとくに定め、識別できる。それらの装置はホトマスクの欠陥を長い間確実に検出してきてるが、実際には欠陥が存在しないのに出力において欠陥として示す偽の信号を検出装置自体が発生することが見出されている。それらの「誤った欠陥」は、検査されているホトマスク部分の形状の僅かな違い、検出器への映像の集束の違い、照明の違い、装置の変動、検査される映像と基準映像の位置の狂い、断続的な記憶ビットおよびその他の類似の問題のような事柄から生ずる。

誤った欠陥の問題を解決する努力が米国特許第4,448,532号明細書に開示されている。その米国特許明細書に開示されている装置においては、同じホトマスクの細い条の2つの部分を同時に走査することにより同様に光学的に検出される。しかし、欠陥が記録された時に各走査を再び走査し、その出力を比較し、2回の走査に共通でない検出された欠陥は廃棄することにより「誤った欠陥」は避けられる。更に詳しくいえば、1回目の走査で欠陥が見つかなければ、走査線を再び走査する理由はない。しかし欠陥が検出されたら、同じ走査線を逆の向きに再び走査し、2回の走査の結果を比較し、一致しない欠陥指示を廃棄する。共通の欠陥だけが真の欠陥として識別される。

技術が改良されるにつれて、従来の検査装置は隅近くの欠陥に対する検出効率が比較的低いことが判明している。そのような低検出効率を向上させるための1つの試みが、ある種のテンプレート一致技術を使用することであつた。しかし、映像の隅または隅の近くに生じている欠陥が見逃されるような異常な量子化を含む場合が常に存在していた。

検出効率とホトマスク検査装置の検出効率と検出確度向上させるための更に別の試みが、1983年5月9日付の米国特許出願第492,658号明細書に開示されている。この米国特許出願明細書に開示されている技術に従つて、欠陥をホトマスク内の複製された型パターンの間の違いとして欠陥を識別するために、面積減算技術が用いられる。1個のホトマスクの2個の形パターン（またはホトマスクの型パターンと、予め記録されているデータベースから得た対応するデータ）の対応する面積について、隣接するピクセルの7行、7列の2つの正方形ウインドウ・マトリックスが定められる。各ウインドウ・マトリックスの中心の 3×3 マトリックスが比較マトリックスとして定められ、各マトリックスはそれの境界内に 3×3 の隣接するピクセルの25の独特のサブセットを有する。それら25個のサブセットは、中心の1個に、中心から1つの方向または両方向に1ピクセルまたは2ピクセルだけずらされた他の24個を加えたものである。それから、各サブセットの9個のピクセル値の各ピクセル値と逆比較マトリックスの対応するピクセル値の間の差の平方を加え合わせることにより、各ウインドウ・マトリックスの各サブセットに対して誤差値が計算される。欠陥が

12

なく、2つの表現の間の不整列の大きさがおよそピクセル2個分より小さいとすると、少くとも1つの誤差値はあるしきい値誤差値より小さい。1つの比較マトリックスに関連する25個の誤差値がそのしきい値より小さいとすると、比較マトリックス内または逆ウインドウマトリックス内に欠陥が存在するものと仮定される。そうすると、ウインドウマトリックス内の縁部の異なる量子化によりひき起こされた誤差を補償するために、それらの縁部の数に従つてしきい値誤差の大きさが自動的に変えられる。

この技術の利点の1つは、完全に整列させられた2つのピクセル表現を必要とすることなしに、欠陥を識別することによりホトマスクを動的かつ正確に検査することである。更に、誤った欠陥検出を少くして実際の欠陥検出を向上させるように、欠陥検出回路の感度レベルが適応させられる。

上記の装置はホトマスクの欠陥を確実に検出でき、誤った欠陥検出を大幅に減少しているが、臨界寸法変動、データ修正変動、スキー変動、拡大変動および位置合わせ変動を電子的に修正するために検出装置一層改良することが依然として望ましい。また、周囲の形状とは無関係に欠陥検出感度を高くし、とくに隅の近くに生ずる欠陥の検出感度を高くすることが望ましい。

前記米国特許および米国特許出願は本願の出願人に譲渡されている。

【発明の目的】

本発明の目的は、位置合わせの変動、光学的な異常および信号処理によりひき起される誤差に対して一層強い改良した欠陥検出方法および装置を得ることである。

本発明の別の目的は、ホトマスク、焦点板、半導体ウエハ、印刷回路板等の欠陥を検出するのにとくに適する上記のような方法および装置を得ることである。

本発明の別の目的は、臨界寸法変動を補償する手段が設けられた上記のような方法および装置を得ることである。

本発明の別の目的は、スキー変動と倍率変動を補償する手段が設けられた上記のような方法および装置を得ることである。

本発明の別の目的は、面積減算技術を高い確度で、かつ過大な偽の欠陥を検出することなしに、利用できるよう、臨界寸法変動、スキー変動および倍率変動を修正し、正確に整列させることにより、周囲の形状とは無関係に欠陥に対する感度を高いた上記のような方法および装置を得ることである。

本発明の別の目的は、スキー変動、倍率変動および臨界寸法変動を電子的に修正する手段を有し、欠陥検出を新規なやり方で行う上記のような改良した方法および装置を得ることである。

本発明の別の目的は、左側および右側からのデータを幅ピクセルの大きさの増分で移動できるように、両側の

デジタル化されたデータの再標本化が行われる上記のような方法および装置を得ることである。

本発明の別の目的は、整列副装置が、多くの灰色調にデジタル化された2つの映像の間の平方された和をフルデータ速度で高速に計算し、その情報を用いて、検査される映像と基準映像を電子的に整列させる上記のような方法および装置を得ることである。

本発明の別の目的は、1つの光学的対象物からのデータの $n \times n$ の副アレイの各ピクセルと、別の光学的対象物からのデータの $n \times n$ の副アレイの各ピクセルとの間、またはデータベースの対応するデータとの間の平方された差の和の測定を基にして動作する検出器を含む上記のような方法および装置を得ることである。

本発明の更に別の目的は、検出器アルゴリズムおよび整列アルゴリズムの機械化を経済的に可能にするためにゲートアレイを用いる上記のような方法および装置を得ることである。

[発明の概要]

要約すれば、本発明の1つの面は、物体の選択された表面領域を検査し、ピクセル毎の映像内容を表す信号値を持つ第1のデータ流を発生する検査過程と、比較するピクセル毎の映像内容を表す信号値を持つ第2のデータ流を発生する過程と、第1のデータ流および第2のデータ流の対応する部分それぞれを記憶装置に格納する過程と、第1のデータ流の格納されている部分（第1データ部分）と第2のデータ流の格納されている部分（第2データ部分）との間の不一致を、ピクセルの寸法より小さい細かさの精度で検出する過程と、第1データ部分と第2データ部分とを、副ピクセル補間（すなわちサブピクセル補間）を用いて整列させて、検出された不一致を修正する過程と、整列させられた第1データ部分および第2データ部分の相互に対応するデータ副部分の相互比較をして差を検出し、差が検出された時に、検査されている物体の特定のピクセル位置における欠陥を指示する過程と、を備えるパターンを表面に有する物体の欠陥を検査する方法に存する。

また、本発明はこの方法を実施する装置を含む。

本発明の重要な利点は、開示された再標本化技術を用いて、互いに位相が異なる2つのデータ流における対応する形状に適合する標本化グリッドに関連する問題の多くが避けられることである。

本発明の別の利点は、整列装置が、従来可能であつた線幅より細い線幅に対して正確な整列を維持できることである。

[実施例]

以下、図面を参照して本発明を詳しく説明する。

まず、本発明のホトマスク検査装置の簡略化したプロツク図が示されている第1図を参照する。図示のように、走査機構12の一部を構成している可動キャリッジ（図示せず）の上にホトマスク10が置かれる。装置のブ

コセツサの制御の下に、走査機構12は、ホトマスク10に含まれている各型の同一の部分に光軸が交差するように互いに離れて位置させられている一対の光検出ヘッド14, 16に対して、ホトマスク10を所定のやり方で移動させる。前記米国特許明細書に詳しく述べられているように、ホトマスク10は光検出ヘッド14, 16に対して所定のやり方で移動させられて、ホトマスク10の表面を横切る所定の走査パターンを描く。走査が行われるとホトマスク10からの光が光検出ヘッド14, 16を通じて左検出器18と右検出器20へ送られる。それらの検出器は、好適な実施例においては、ホトダイオードの $1 \times n$ 個のアレイを含む。それらのホトダイオードは電子的に走査されてホトマスク10の各ピクセルに対応するデータを発生する。

ここで、走査方向と、検出されたピクセルの以前の7行とを示すために、 $1 \times n$ のアレイが重畠されているホトマスクの一部を示す第2図も参照する。

検出器18, 20の出力は光物体ヘッド増幅器22, 24へそれぞれ与えられ、それらの増幅器により増幅され、調整されてからデジタイザ26, 28へ与えられる。それらのデジタイザは多レベル（ここで説明している実施例においては16レベル）のピクセルデータをデータマルチプレクサへ与える。あるいは、予め格納されているピクセルデータをデータベース32からデータマルチプレクサ30へ与えて、そのピクセルデータを走査入力の1つと比較させることもできる。ここで説明している実施例においては、4つの隣接するピクセル（ピクセル当たり4ビット）からの情報を送ることができるように、データマルチプレクサ30への入力と、データマルチプレクサからの出力は各データ源から並列16ビットの形式で行われる。

データマルチプレクサ30はデジタイザ26と28からのデータ、またはデジタイザの一方（通常は左検出器流）およびデータベース32からのデータをスキーおよび拡大（S & M）修正器34へ入力する。そのスキーおよび拡大修正器34は、左検出器14と右検出器16の間、またはデータベース32と選択された光物体の間、のスキー（映像回転）の差および拡大（光学的歪み）の差を修正する。これについては後で詳しく説明する。拡大修正器34は以前の4回の走査データ、および修正すべき物体についての現在の走査を格納する走査記憶装置で構成される。たとえば、ピクセルデータは以前に走査された行4～7（第2図）に対応する。第2図においては行8は現在の行であると見なしている。拡大修正機34は2つのデータ流出力の間のスキー差、拡大差および歪み差をピクセルの16分の1以下に修正する副ピクセル修正回路も有する。拡大修正機34の左データ流出力と右データ流出力がそれぞれ8ビット幅および4ビット幅であることに気づくであろう。この実施例においては、装置のこの点における切捨て誤差を避けるために、左側においては8ビットのデータが用いられる。8ビットを臨界寸法修正器へ与えることによる費用の増加は少いが、臨界寸法

15

修正器からの付加ビットを走査遅延器およびホトマスク記憶装置を通じて送る費用は高くつく。したがつて、データは臨界寸法修正器36の出力の4ビット/ピクセルに切捨てられる。

拡大修正器34からのデータは臨界寸法およびDCオフセット修正器36へ入力される。この臨界寸法およびDCオフセット修正器36は左物体から右物体へ、または物体からデータベースへの臨界寸法の変動を、デジタル化しきい値を上または下へ異つて動かすことにより補償する。臨界寸法変動はプロセスの変動によりひき起される線幅の変動が典型的なものである。光点拡がり関数を表すエアリー(Airy)関数とともに基本的な形状がコンボルブ(convolve)される、という避けることができない事實を臨界寸法(CD)およびDCオフセット修正器36は使用する。デジタル化しきい値を上下に動かすことにより、ホトマスク10上のトレースを実効的に広くしたり、狭くしたりできる。これと同じ効果を、デジタイサからのグレイスケールレベルすなわち灰色調のデジタル再マッピングにより得ることができる。

後で更に説明するように、CD/DC修正器36は再マッピングPROMプラス検出回路で構成される。その検出回路は両側の白と黒の差を測定し、マッピング関数を選択して適切な補償を行う。差の符号が変化の向きを決定する。変化の大きさは、差の面積を含まっている縁部ピクセルの数で除すことにより決定される。臨界寸法修正器36はデジタイザ26, 28からの灰色DCオフセットの1つの陰影も修正する。灰色値のヒストグラムのモードが、デジタイザの範囲の終りの値が「0」および「F」ではなくて「1」または「E」であることを示すと、1が0にマップされ、EがFにマップされる。

臨界寸法修正器36の出力は整数器38へ入力される。この整数器38は、左映像と右映像の間の位置合わせ誤差を動的に決定する機能を行う。それは映像データバッファ、整列誤差検出器および整列プロセッサで構成される。整列誤差検出器は、両方の寸法における0と、 $+/-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ のピクセルの相対的な寸法に対して、高さ(Y)が480ピクセルで、幅(X)が5ピクセルであるウインドウにわたる平方された差の和(SSD、すなわちSum of Squared Difference)を見つける。この結果としてSSD測定の 15×15 のマップとなる。

整列器38は、一対の連続して標準化されたSSDマップを類似のマップにまず組合わせる。それらのマップはデータの10回の走査を基にしており、データの5回の走査ごとに更新される。10個の走査マップから整列器38はマップ中の最小値を見出し、それからその最小値と、その最小値の近くの値の間で補間して、最適な移動を $+/-0.25$ ピクセルの確度、および $+/-0.07$ ピクセルの精度で計算する。

補間アルゴリズムは、SSDの表面が最小値の領域において部分的に放物線形であるという仮定を基にしてい

16

る。この場合には5つのケースが取扱われる。一般に、相関ウインドウ内の形状が2つ以上の向きの縁部を含むものとすると、表面の平方の和は、主軸が任意の向きである局部的に三次元放物面であると仮定される。相関ウインドウ内の形状がただ1つの向きのトレースより成るものとすると、正方形表面の和は横断面が放物線である隆起であると仮定される。このケースは垂直隆起と、水平隆起と、任意の向きの隆起とに更に分けられる。残りのケースは、相関ウインドウ内に形状がないケースであり、そのケースにおいてはSSD表面は平らか、ほとんど平らである。相関アルゴリズムは、それら3つのケースのうちどのケースが存在するかを判定し、下記のようにしてそれらのケースを取扱う。

1. マップが平らか、ほとんど平らであると、XおよびYの不整列に対する最終の値出力に対して変更は加えない。

2. 相関ウインドウ内の形状が2つ以上の向きの縁部を含んでいるものとすると、整列プロセッサはSSDマップの最小値を見つけ、その最小値を中心とするSSD値の 5×5 副アレイに対するそれ以上の計算を制限する。第1および第2の差と標準的な数学技術を使用することにより、それは放物面の底の場所を計算する。その底の座標は整列器のX移動出力およびY移動出力である。

3. 3つの隆起のケースに対しては、放物面ではなくて放物線の底を見つけることに探索が制限される。SSDマップ中の隆起は、全てほぼ同じである点の線である(最小)。1つの最小点から別の最小点へランダムノイズを基にして飛越すことを避けるために、移動出力の変化が相関ウインドウ内の形状に対して垂直な方向であるよう30に、それらのケースにおける結果は更に強制される。

補間計算の結果はXとYの整数ピクセルおよび端数ピクセル(検出器の要求に応じて1/15または1/16のピクセルまで)の位置の狂いである。このデータをマスク記憶装置および検出器へ送る前に、整列プロセッサ内のファームウェアを用いてデータ流は低域渦波される。約200Hzという装置の周波数応答により、整列器は機械的震動に追従し、その機械的震動を修正する。帯域幅の低い値が相関ウインドウの寸法を効果的に大きくする。そのためには、機械的震動数を低くできる場合には整列確度が高くなる。

走査遅延器37, 39が映像データを3~32の走査だけ遅らせて、整列器内での計算の遅れを補償する。遅延の長さはプログラム可能である。プログラム可能な走査遅延器37は左ピクセルデータをマスク記憶装置40へ与え、プログラム可能な走査遅延器39は右ピクセルデータをマスク記憶装置42へ与える。

欠陥検出器44は、型データベースモード動作で使用する検出器と、型一型モード動作で使用する検出器とで構成される。しかし、いずれの検出器もいずれかの動作モードで使用できる。型データベース検出器部分は50

×5ピクセルウインドウで最小自乗誤差基準を用い、両方の寸法に $-2/3, -1/3, 0, +1/3, +2/3$ ピクセルだけ進歩させて25種類の可能な移動のうちの最良の移動を見つける。欠陥が存在するか否かを判定するために、最小自乗誤差にしきい値が加えられる。整列器の要求によりマスク記憶装置は整数ピクセルだけ移動させるが、0～+14/15ピクセルの移動の残りが検出器において1/15ピクセルのステップで行われる。整列プロセッサは、副ピクセルの残りが常に正であるように、マスク記憶装置を移動させる。

欠陥検出器⁴⁴の型一型検出器部は、一方の側の 2×2 ピクセルウインドウを他方の側の 2×2 ピクセルウインドウから単に差し引くことを基にしている。一方の側を整列器から部分ピクセルだけ移動させた後で、4個のピクセルを互いに加え合わせ、その和を他の側からの4個のピクセルの和から引いて、差の絶対値をしきい値と比較する。検出された欠陥データは連結器46へ出力される。

上記の部品に加えて、この装置は種々の装置の動作を制御する8086制御プロセッサ48を含む。

スキーおよび拡大修正器

次に、第3図を参照してスキーおよび拡大修正器³⁴について説明する。図示のように、このスキーおよび拡大修正器は5つの部分に分割できる。それらの部分は走査記憶回路50と、X補間回路52と、Y補間回路54と、制御回路56とである。それらの回路の全ては左側データ路を形成する。スキーおよび拡大修正器³⁴はパイプライン調節回路58も含む。このパイプライン調節回路は右側データ路を形成する。図示のように、4ピクセルに対応する16レベルピクセルデータが入力端子C0, C1, C2, C3へ並列に入力される。データの16ビットがレジスタまたはフリップフロップ60を通つてクロックされて第1のRAM M62へ入力される。その第1のRAMはデータの1走査を格納する。次のクロックにおいてデータの第2の走査がRAM M62に入力され、第1の走査データがフリップフロップ64を介して第2のRAM66へ入力される。

次の2個のクロック中に第1の走査データセットがフリップフロップ70を介してRAM68へ入力され、それからフリップフロップ74を介してRAM72へ入力される。したがつて、この点で最後の4個の走査データがRAM62, 66, 68, 70に格納され、現在の走査がフリップフロップ60の入力端子に現われることがわかるであろう。したがつて、5つのフリップフロップ60, 64, 70, 74, 76が5つの16ビット幅データ流を並列に形成する。それらのデータ流は、4対1マルチプレクサ(4:1MUX)78によりピクセル並列フォーマットからピクセル直列フォーマットに変換されて5個の4ビットデータ流X0～X4を形成する。データ流X0～X3は第1の4対1マルチプレクサ(4:1MUX)80へ入力され、データ流X1～X4は第2の4対1マルチプレクサ82へ入力される。それらのマルチプレクサ80, 82は、ど

のマルチプレクサの決定が正しい向きであるかに応じて、隣り合うビット流対を選択し、それらのビット流をレジスタ(F/F)83を介してX補間PROM84へ入力する。

修正を求められないと、データ流X2はマルチプレクサ80, 82を通るだけである。しかし、X補間PROM84へ入力するために隣り合う任意のピクセル流対を選択できる。それから、X補間されたデータが一連のレジスタ86を通じて与えられる。それらのレジスタはデータ流Y0, Y1, Y2を発生する。それから、それら3つのデータ流のうちの

10 2つがY補間のために2対1マルチプレクサ(2:1MUX)88により選択されて、多重化修正を行う。そうすると、Y補間PROM90が2つの入力から1つのピクセルデータを形成する。そのデータは8ビットで切捨てられる。

第4図に左側データの取扱いの図形例が示されている。この例においては、求められたX移動(シフト)がAからBまでピクセルの+1/4であること、およびすぐ下側の次のピクセル対をピクセルの1/8だけX方向に移動させることを仮定している。X補間はA-B対に対して初めて行つてピクセルEを発生し、次にC-D対に対して行つてピクセルFを発生する。したがつて、ピクセルEの値はピクセルAの値の3/4にピクセルBの値の1/4を加えたものに等しいことがわかるであろう。同様に、ピクセルFの値はピクセルCの値の7/8にピクセルDの値を1/8を加えたものに等しい。これはX方向の直線補間である。それから、図示のように、ピクセルの1/16だけY方向下向きに移動することを求められる。その結果として、ピクセルEとFの直線的な組合せの結果としてピクセルGが発生される。したがつて、ピクセルGの値はピクセルEの値の15/16にピクセルFの値の1/16を加えたものに等しい。第4図の下の方にX補間とY補間が3個の式により数学的に表現されている。

20 再び第3図を参照して、スキーおよび拡大修正器³⁴の制御回路が一对のEEPROM92, 94を含んでいることが示されている。それらのEEPROM92, 94はX補間動作とY補間動作をそれぞれ制御する。また、この制御回路はピクセルアドレス発生器PROM96と、クロックバツファ98と、バツファ100とを含む。EEPROM92, 94は、較正中に装置制御器48(第1図)から低速補間データ負荷を受ける。実際の走査動作中に用いられる9ビットは、ピクセルPROMアドレス発生器96(カウンタ)により発生された8ビットに、制御プロセッサ48から与えられて、現在の段階の向きを示す1ビットを加えたものである。そのカウンタはどの修正を必要とするかをPROMに指示する。検出器18, 20(第1図)に含まれているダイオードアレイが上から下まで走査された時に、補間情報の6ビットがEEPROM92によりX補間回路52へ与えられ、情報の5ビットがY補間回路54へ即時に与えられる。EEPROM92, 94へダウンロードされた修正が適切な較正手続きを基にされると、補間回路はダイオードアレイの回転と、拡大の差と、光学装置の歪みとを修正できる。

19

左側データが上記のようにして処理されている間は、右側データは、Y補間回路54からの左側データの出力に対応する適切な時刻にパイプライン調節回路58から出るよう、パイプライン調節回路58における遅延の種々の段階を単に通るだけである。

スキーおよび拡大修正器についての上記説明は1つの特定の実施例についてのものがあるが、いくつかの改良が可能であり、実際に好ましい。第1に、X補間PROM84とY補間PROM90は、入力ピクセルの直接的な組合せに限定されない探索表とすることができる。ホトマスクおよび焦点板を検査するための値の1つの直線的なやり方はSカーブ補間である。このSカーブ補間は、ホトマスクの不透明な部分から透明な部分への遷移がS形カーブの特性に従うという、先駆的な知識を用いる。2個の入力ピクセルが正確に1ピクセルだけ離れている情報から、その情報に合致するように基本のSカーブを伸長または収縮できる。補間されたデータは、一方の入力ピクセルから他方の入力ピクセルへの希望の部分ピクセルである横座標値に対応する縦座標値として見出すことができる。

第2に、第3図はただ2個のピクセル値を基にした幅ピクセル補間を示す。各副ピクセル補間にに対する多くのピクセル標本を基にしたより一般的な補間技術は補間を著しく減少できるが、格納せねばならない走査の数を含めて、ハードウエアに対する要求が増加する。高次多項式フィットすなわち $\sin x/x$ 補間のような補間手法をPROM(またはRAM)と加算器の組合せとして実現できる。

臨界寸法修正器

次に第5図を参照する。臨界寸法(CD/DC)修正器36の主な部品はデータ修正器102と、ホストインターフェイス104と、測定プロセッサ106と、CD/DC修正再マッピング・ハードウエア108とを含んでいるのが示されている。先に述べたように、CD/DC修正器36の目的は、両方のデータ流において同じ幅でホトマスク上にトレースすること、すなわち、プロセスに依存する臨界寸法の変化を修正することである。そのような臨界寸法の変化の性質の概略が第5a図に示されている。集積回路製造の観点からホトマスク上の線幅の僅かな変動は許容できるが、そのような変動は欠陥検出装置に大きな差を生じさせることがある。したがって、偽の欠陥の発生を避けるように、データが欠陥検出器44へ入力される前に、その変化を補償する措置を講じなければならない。

一般的にいえば、臨界寸法修正器36は、1つの物体の下側の広いウインドウの上のトレース線の全面積を積分し、それから他の物体に対して同じことを行うように動作する。それから、ウインドウが十分に大きいとすると、任意の欠陥の面積が広いという基本的な仮定を行う。このようにして、本発明の装置は、トレースの面積が両方のウインドウに対して等しいように、トレースの

10

面積を調節する。

右側の物体の下側のトレースと左側の物体の下側のトレースは、エアリー関数で両方ともコンボルプされる。したがつて、15レベルのデータを0レベルのデータに連結する垂直側を有する代りに、第5b図に示すように、透明な領域から不透明な領域へ徐々に移行する「S」カーブを両側が有する。プロセスの変動と、おそらくは光学的変化が一方の側から他方の間で起きるから、トレース線の幅が同じでないことがある。線の幅を同じにするために、一方の側が他方の側と比較して広すぎるという判定が行われ、広い方の側の線を狭くすると同時に、他方の側を広くするように装置は機能する。このことは、一方の側のトレースの幅を広くするため、または狭くするために好適であると信ぜられる。

更に詳しくいえば、CD誤差の測定中にデータ修正器102のバツフア110, 112が、マスク記憶装置40, 42からそれぞれ左データと右データを受ける。このデータの差が減算器114により取出され、累算器116が全体の走査のためにその差を累算する。それからその累算された差を測定プロセッサ106が使用するために、その累算された差をバツフア118がバツフアする。

それと同時に、最初のピクセルと最後のピクセルが記憶装置120に格納され、整列器38からバツフア124を介して推奨されるピクセル補間を行うために、バツフア122を介して利用できるようにされる。また、この間に、左側と右側の各側に対して垂直縁部と水平縁部の少くとも一方にピクセルがあるかどうかを縁部検出器126, 128が判定する。それら事象はカウンタ130によりカウントされ、副ピクセル補間のために、記憶装置134によりバツフア136を介して与えられる最初と最後のピクセル縁部情報とともに、バツフア132を介して測定プロセッサ106が利用できるようにされる。

DC修正を行っている間は、データコレクタ102は、スキーおよび拡大(S & Mすなわち、Skew and Magnification)修正器34からバツフア138と140を介して与えられたデータ入力を用いて、左側または右側の0, 1, E, FをDCレベル検出器142において同時に検出する。それらの検出はカウンタ130によりカウントされ、バツフア132を介して測定プロセッサ106が利用できるようにされる。

好適な実施例においては、測定プロセッサ106は1チップ8086マイクロプロセッサ144で構成される。このマイクロプロセッサは割込み制御器146と、プログラムEEPROM148と、RAM150と、アドレスデコーダ152とを有する。マイクロプロセッサ144は、そのプログラムをEEPROM148内で走らせながら、装置のCPUからバス154を介して適切な指令と情報を受け、各走査の後でデータコレクタ102からデータを集め、それをRAM150に格納する。十分な数の走査が集められた後で、このデータは処理され、修正係数がバス154を介して再マップハードウエア108へ出力される。

21

CD/DC修正再マッピング部108は修正係数入力を測定プロセッサからバッファ156に受け、それらを再マッピングPROM158, 160のアドレスへ与えるとともに、スキューピおよび拡大修正器34から線162, 164に受けた入力データもそれらのアドレスへ与える。それから、再マップされた出力ピクセルはフォーマット変更器166, 168においてフォーマットを変更され、整列器38と走査遅延器37, 39へ入力される。

装置バスインターフェイス104を介して装置CPUすなわち制御プロセッサ48(第1図)は、指令レジスタ170と、状態レジスタ172と、データレジスタ174, 176とを用いて測定プロセッサ106と通信できる。装置CPUはCD修正器を初期設定し、実行時間パラメータを与え、このインターフェイスを介してサブシステムの状態を監視する。

整列器

図示のように、臨界寸法修正器36の出力が整列器38へ入力される。この整列器の周辺部品が第6図に示されている。データは最初に左データバッファ180と右データバッファ182へ入る。1度に1本の垂直走査線である。各データバッファの出力は8本の垂直走査線であつて、整列誤差検出器184に並列に入力される。データバッファの重要な特徴は、一方の側を他方の側に対してもいずれの向きにも7回の走査まで移動できるように、十分な数の走査をデータバッファが含むことである。移動は整列プロセッサ186の部分AP1の制御の下に行われる。

整列プロセッサ186は、1つの映像を他の映像に対して整数個のピクセル量だけ移動させ、各可能な移動に対して差の映像の平方の和を計算することにより、左の映像と右の映像の間の最良の整列を見出す。このようにして、XとYの整数移動(XとYの方向に-7ピクセルから+7ピクセル)の225種類の組合せに対して平方された差の和マップ(SSD)が計算される。

整列プロセッサ186は2つの部分AP1とAP2に分けられる。その理由は、このプロセッサは、高速のビットストライス・アーキテクチャを用いたとしても、フルデータ速度で全補間タスクを行うためには速度が十分ではないという簡単なものである。部分AP1とAP2はほぼ同一の汎用ビットストライス・コンピュータである。部分AP1の目的は 15×15 SSDマップを組立てること、マップを平均すること、平均されたマップのうち最小のものを見つけること、最後にその最小およびその最小を中心とする 5×5 副アレイを部分AP2へ転送することである。部分AP2はAP1および装置の制御器と通信し、副ピクセル補間を行い、整数個ピクセル移動情報と副ピクセル情報を他のサブシステムへ出力することである。

整列誤差検出器184は、第11図を参照して後で説明する回路を含む半特注ゲートアレイチップを45個含む。それらの回路は平方された差の和を高速で計算し、各チップは5ピクセル幅×フルセンサ高さの帯状のSSDを1回の走査時間内に計算できる。第6a図を参照して、整列誤

50

22

差検出器184は、左側の 5×480 ピクセルの帯状データを右側の 19×480 ピクセルの帯状データと比較する。1個のSSDチップは左側の全帯状データを右側の帯状データの中央の5ピクセルと比較する。別のSSDチップが同じ左側の帯状データを、ピクセル整数個分だけ初めの部分から移動させられた右側の帯状データの5ピクセル幅部分と比較する。原則的には、 15×15 SSDマップを1回の走査時間中に計算するために225個のSSDチップを使用できる。5回の走査時間では新しいデータを得ることはできないから、225個の値の全てを同時に計算する必要はない。したがつて、たった45個のSSDチップが用いられる。5回の走査とデータの適切な移動を行つた後では、225個の値の全てが部分AP1により計算され、読み取られている。

平方された差の和の最小値を求めるることは、縁部効果の取扱いの違いを覗き、相互相關関数の最大値を求めることが大要は同じである。

最小値を含んでいるSSDマップの 5×5 副マトリックスを基にして、部分AP2は次の3つのケースのうちどのケースを適用するかを決定する。

ケースA: 2個以上の線の角度が表されている形状が相関ウインドウに存在する。この場合には、SSD表面が局部的に放物面であると仮定している。最小点と、その周囲の8個の点とにより表されているデータにパラボラをあてはめ、第1と第2の部分微分を用いてそのパラボラの最小値の場所を計算することにより変位が求められる。

ケースB: ただ1つの線の角度が表されている形状が相関ウインドウに存在する。この場合には、直線を形成する最小値の軌跡をSSD表面が有すると仮定している。絶対最小点(これはランダムノイズにより決定できる)へ飛越すのではなくて、アルゴリズムの選択は以前に決定された点から線に垂直な方向に動くことである(最短ユークリッド距離)。

ケースC: 相関ウインドウには形状はない。この場合には、ウインドウの両側に新しい形状が現われるまでは変更はされない。

フル二次元相互相關を採用している整列装置を用いることの利点は、

—任意の種類の形状、たとえば円、ドッグボーン(dogbones)、直線部分のある、または直線部分のない、任意のカーブを整列させること、

—黒から白への完全な変換なしに良く機能すること、

である。このことは細い線幅に対して重要であり、低いコントラスト比(酸化鉄のような)でマスクする。整列誤差検出器の好適な実施例は平方された差の和技術を用いるが、他の差関数も使用できることがわかるであろう。

AP2の概観

23

スキュー（またはオフセット）のどの値をマスク記憶装置40, 42と欠陥検出器44へ送るべきかの決定を下すために、部分AP2は差の平方の和（SSD）マップに必要なデータを部分AP1から受ける。SSDマップは、種々の整数ピクセルオフセットにおける左側と右側の映像の平方された差の和を与える。その和は10回の走査だけの幅、およびアクティブ・センサの高さのウインドウの上である。好適な実施例においては、各側における検出は、1ピクセル幅×480ピクセル高さのセンサアレイにより行われる。対応する各ピクセル対において差が計算され、平方され、累算器内に加えられる。平方の差が整列誤差検出器184内の「マクロセル」において計算され、部分AP1により読み取られる。

部分AP2がスキュー値をマスク記憶装置と欠陥検出器へ送る前に、部分AP2が実行する3つの基本的な動作がある。ピクセルの一部だけの「最良の」オフセットを見出すために、部分AP2は種々の整数ピクセル移動においてSSD値に対して補間アルゴリズムを用いる。「最良の」オフセットというのは、ある映像に対する別の映像の移動であつて、考察しているウインドウ上の最小平方和を達成する映像移動を意味する。第2に、部分AP2は標本の信頼度を評価し、その標本におけるその信頼度を量化するために重みづけ係数を発生する。最後に、部分AP2は、時間の関数として徐々に変化する機械的な不整列を修正するだけであるから、一連のスキュー値を低域ろ波する。

この実施例における欠陥検出器44は正の部分オフセットだけを取扱うことができ、マスク記憶装置40, 42は整数個のピクセル分だけ移動させることができる。したがつて、計算されたスキューは正の端数値と整数値に書式（フォーマット）化される。前者は欠陥検出器へ送られ、後者はマスク記憶装置へ送られる。

部分AP2の別の機能は、整列器38をバスインターフェイスを介して装置CPU48にインターフェイスさせるために、外部とインターフェイスすることである。

AP2補間

プレートの走査中に、部分AP2は、整列誤差検出器184から部分AP1が読み取る 15×15 のアレイ中の最小値を中心とするSSDマップの 5×5 の部分を部分AP1から受ける。この情報とともに、 5×5 副アレイの中心座標が来る。

整数オフセット点におけるSSDマップの知識を基にし、部分AP2は連続SSD関数の表面のモデルをスキュー変数（xとy）の第二種関数として作成する。この関数が最小となる位置は、最小自乗基準により2つの映像を整列させるスキューを与える。

副ピクセル補間の一般的な理論

副ピクセル補間は、xとyの二次方程式である放物面により、SSDマップをその最小に近くモデル化することにより行われる。その方程式はSSD(2, 2)である最小点を中心とする二次元テーラー級数である。SSDマップ

(12)

24

および微分の評価は次の通りである。

SSDマップは 5×5 である。これは下に $(x, y) = (2, 2)$ に中心を置いている様子が示されている。（コードにおいては、このマップは、列と行に対して、SSD ΣX として与えられる。）

SSD(0, 0) SSD(0, 1) SSD(0, 2) SSD(0, 3) SSD(0, 4)

SSD(1, 0) SSD(1, 1) SSD(1, 2) SSD(1, 3) SSD(1, 4)

SSD(2, 0) SSD(2, 1) SSD(2, 2) SSD(2, 3) SSD(2, 4)

SSD(3, 0) SSD(3, 1) SSD(3, 2) SSD(3, 3) SSD(3, 4)

SSD(4, 0) SSD(4, 1) SSD(4, 2) SSD(4, 3) SSD(4, 4)

上のマップが与えられると、微分の評価は次の通りである。

$$\partial z / \partial x = (SSD(2, 3) - SSD(2, 1)) / 2$$

$$\partial z / \partial y = (SSD(3, 2) - SSD(1, 2)) / 2$$

$$\partial^2 z / \partial x^2 = SSD(2, 3) + SSD(2, 1) - 2 * SSD(2, 2)$$

$$\partial^2 z / \partial y^2 = SSD(3, 2) + SSD(1, 2) - 2 * SSD(2, 2)$$

$$\partial^2 z / \partial x \partial y = SSD(3, 3) + SSD(1, 1) - SSD(1, 3) - SSD(3, 1)$$

SSD関数は下記のようにして表すことができる。

$$f = z_0 + x (\partial z / \partial x) + y (\partial z / \partial y) + (1/2) x^2 (\partial^2 z / \partial x^2) + (1/2) y^2 (\partial^2 z / \partial y^2) + xy (\partial^2 z / \partial x \partial y)$$

ここに、 $z = SSD(y, x)$, $z_0 = SSD(2, 2)$ であり、全ての部分は $(y, x) = (2, 2)$ においてとられる。

最小値においては勾配はゼロでなければならない。したがつて、

$$\partial f / \partial x = \partial f / \partial y = 0$$

である。これは

$$\partial z / \partial x + x (\partial^2 z / \partial x^2) + y (\partial^2 z / \partial x \partial y) = 0$$

$$\partial z / \partial y + x (\partial^2 z / \partial x \partial y) + y (\partial^2 z / \partial y^2) = 0$$

を意味する。

したがつて、

$$x (\partial^2 z / \partial x^2) + y (\partial^2 z / \partial x \partial y) = -(\partial z / \partial x)$$

$$x (\partial^2 z / \partial x \partial y) + y (\partial^2 z / \partial y^2) = -(\partial z / \partial y)$$

平らなマップの場合

全ての係数が零であると、xとyの任意の値が方程式の解となる。このことは全ての点が同じSSDを有することを意味する。この場合には（これを平らなマップの場合と呼ぶことにする）、情報がないから部分AP2は現在

のスキニー値を維持する。

一次元の場合

2つの方程式の一方の係数が他方の方程式の係数の直線倍数であると、SSD関数により達成される最小値を有する全ての点が沿う線が存在する。すなわち、ある定数 μ に対して、

$$(\partial^2 z / \partial x^2) = \mu (\partial^2 z / \partial x \partial y)$$

$$\text{および } \mu (\partial^2 z / \partial y^2) = (\partial^2 z / \partial x \partial y)$$

すなわち

$$(\partial^2 z / \partial x^2) (\partial^2 z / \partial y^2) - (\partial^2 z / \partial x \partial y)^2 = 0$$

である。

上の方程式が真であると、一対の一次方程式が従属するといえる。それらの方程式が本当に従属しており、少くとも1つの係数が非零であるとすると（すなわち、平らなマップの場合ではない）、ただ1つの方向にのみ情報を有する。情報が存在する方向のみのスキューを修正し、その方向に垂直で、情報がない方向には何の変更も行わないことが望ましい。情報がない方向は軸の1本に平行である必要がないことに注意されたい。

二次元の場合

独立している一対の一次方程式により決定される二次元情報が存在する場合が最後の場合である。この場合には最良の最小自乗整列に対して独特の最小点が存在する。

整列ブロセツサにおける副ピクセル補間

平らなマップの場合（情報なし）

補間ニードはx方向とy方向に純粹の二次微分を計算することにより始まる。装置のソフトウエアにより与えられるしきい値に対してそれらの値をテストすることにより、部分AP2は値が零より大幅に大きいか否かを判定する。両方とも大きいとすると、平らなマップの場合が適用され、スキュー値は不变のままにされる。

一次元マンハッタン形状

部分AP1が 5×5 の中心を見出す方法のために、モデル化されている関数が局部的な最小の附近にある、すなわち平らであることを知る。このことは、1つの変数における二次微分が零であるとすると、その変数における一次微分も零である。さもなくとも、二次微分が零であるような軸に平行な方向の1つにおいて関数は減少するから、最小にはならない。混合された部分 $(\partial^2 z / \partial x \partial y)$ も零でなければならず、またはとうげ点を有する。

純粹の二次微分のただ1つが有効であれば、部分AP2は純粹に一次元補間を次のようにして行う（それがxにあると仮定して）。

$$\partial^2 z / \partial x^2 = 0 = \partial z / \partial x + x (\partial^2 z / \partial x^2)$$

等々である。

$$x_{m+1} = -(\partial z / \partial x) / (\partial^2 z / \partial x^2)$$

隆起の場合

両方の二次微分が有効であると、2個の一次方程式の

直線的な依存性を調べることにより二次元情報が存在するかどうかを判定することが依然として必要である。そのために、混合された二次部分微分を計算することが必要になる。依存性条件（單一方程式の条件）が、装置のソフトウエアにより与えられるしきい値により決定される特異(singular)に近いとすると、隆起の場合に入る。

隆起の場合には、部分AP2は一次元問題を非マンハッタンの方向に取扱う。第6b図に示すように、それら2つの映像が、ウインドウ内で見えているのみの場合に、それら2つの映像が完全に整列させられる多くのx-y移動がある。

隆起の場合は、SSD関数が同じ最小を得る線が存在すると仮定している。その線を隆起線と呼ぶこととする。しかし、部分AP1はこれを知らず、現在の整列点から「遠く離れている」最小を隆起線に沿つて識別することができる。隆起線に沿つてこの多少任意に選択された局部的な最小から計算されたスキューは実際の隆起線上にあるが、隆起線に対して垂直方向にのみ動く希望をうち20碎く。すなわち、情報がある方向にのみ動く。実際に、隆起線に沿う動きは制御されないから、スキューは異常になり得る。

したがって、隆起線に沿う2種類の点における最小に対して2つの一次元補間を行うことにより隆起の場合が取扱われる。新しいスキューは、隆起線に沿う点のうち、古いスキュー値に最も近い点により決定される。すなわち、古いスキュー点の隆起線上への直角射影である。（2個の点が十分に隔てられていると、隆起線に対して良く適合し、隆起線に平行などのクリーピングもない。）クリーピングに対して更に保障するものとして、一連の隆起に留っている限りは、新しいスキューを計算するために同じ点をスタート位置として常に使用する。この点はその一連の隆起の場合に入る前の最後の既知のスキューであるから、最後のスキュー（第6c図参照）と呼ばれる。

これを行うために、どの方向（xまたはy）が最も多くの情報を有するかを決定することをまず必要とするから、補間のためにその方向を使用できる。これは二次微分の最大値を求めるにより決定される。たとえば、x二次微分がより大きいとすると、隆起線に沿う1つの点が、x方向に最小値を中心として一次元補間を行うことにより決定され、点 $R_1 = (y_1, x_1)$ を与える（第6c図参照）。

点 R_1 と R_2 を通る方程式は

$$(\Delta y / \Delta x) = (y - y_1) / (x - x_1)$$

である。ここに、

$$\Delta x = x_2 - x_1, \quad \Delta y = y_2 - y_1$$

である。

これに垂直な線の勾配は $-(\Delta x / \Delta y)$ である。したがって、スキューを失った点 $= (x_{m+1}, y_{m+1})$ を通るその

線の方程式は

$$-(\Delta x / \Delta y) = (y - y_{1s}) / (x - x_{1s})$$

である。そうすると、上の2つの方程式は、

$$\Delta y x - \Delta x y = \Delta y x_1 - \Delta x y_1$$

$$\Delta x x - \Delta y y = \Delta y y_1 + \Delta x x_1$$

となる。

$|\Delta y| = 1$ および $(\Delta x)^2 \geq 0$ であるから、一対の一次方程式の独特の解がある。（元の一次方程式が独自の解を有していたかどうかを決定した前記諸条件を参照されたい。ここでは条件は $(\Delta y)^2 + (\Delta x)^2 = 0$ である。）したがって、新しいスキーの座標は次式により与えられる。

$$x_{ns} = (\Delta x \Delta y (y_{1s} - y_1) + (\Delta y)^2 x_1 + (\Delta x)^2 x_{1s}) / ((\Delta x)^2 + (\Delta y)^2)$$

$$y_{ns} = (\Delta x \Delta y (x_{1s} - x_1) + (\Delta y)^2 y_1 + (\Delta x)^2 y_{1s}) / ((\Delta x)^2 + (\Delta y)^2)$$

隆起の場合を適用するかどうかを決定するために用いられる方程式が非零であると、勾配を零に等しく設定することから生じた一対の一次方程式に対する独特の解が存在する。その解は次の通りである。

$$x_{min} = (\partial z / \partial y) (\partial^2 z / \partial x \partial y) - (\partial z / \partial x) (\partial^2 z / \partial y^2) / \text{denom}$$

$$y_{min} = (\partial z / \partial x) (\partial^2 z / \partial x \partial y) - (\partial z / \partial y) (\partial^2 z / \partial x^2) / \text{denom}$$

ここに、

$$\text{denom} = (\partial^2 z / \partial x^2) (\partial^2 z / \partial y^2) - (\partial^2 z / \partial x \partial y)^2$$

重みづけ係数

大きい欠陥が大きな不整列をひき起こすことがあるから、プロセッサは2つの側がどれ位良く一致するかを決定し、「良さ」と呼ばれる重みづけ係数を発生する。縁部の数により正規化された、最小値におけるSSD関数の値は、2つの側がどれだけ良く一致するかの指示を与える。正規化係数は純粋の二次微分の和である。これは、ある一定の倍数まで、SSDウインドウ内の縁部の数の測定値を与える。それから、ソフトウェアにより充される探索表を介して、正規化された最小値が用いて重みづけ係数を与える。この係数は、古いスキーと新しいスキーの重みづけられた平均中の新しい標本にどれ位の重みを与えるかを示す。

単極フィルタ

部分AP2は、低周波数の、機械的にひき起されたスキー変化のみを修正するから、スキー値は単極フィルタを用いて低域ろ波される。そのフィルタの時定数は装置のソフトウェアにより与えられる。

スキー計算の各線返えしに対して、新しいスキー値が古いスキー値と新しいスキー値の重みづけられた平均（ x と y について別々に）として次のように計算される。

$$\text{新スキー} = 1 / (\text{時定数}) * \text{良さ} * \text{新スキー} + (1 -$$

1 / (時定数)) * goodcnt * 古スキー

goodcnt = 1 / (時定数) * 良さ + (1 - 1 / (時定数))

* goodcnt

新スキー = 新スキー / goodcnt

最後に、マスク記憶装置40, 42へ整数スキーを与るために新しいスキーがオーマットされ、0から1までの範囲で正の部分のスキーを欠陥検出器44まで通る。

データベースモード

10 データベースモードにおいては、部分AP2は最小と最大のyスキーに従う。1つの列が終ると、装置ソフトウェアは最小と最大のyスキーを読み取り、それらを用いて、データベース映像に対するセンサ位置を調節する。

データベースモードにおいては、部分AP2は装置のプラスまたはマイナスの周波数変数(FM)線(図示せず)を制御する。このFMを用いてデータベースモードにおけるxランアウトを修正する。実行されると、FMはRIAクロック(図示せず)を、ピクセルの1/14のスキー変化

20 が各走査線上で行われるように、伸長または短縮される。xスキーの絶対値が2を超えるとFMは常に可能状態にされる。

欠陥検出器

先に述べたように、欠陥検出器44(第1図)は、第7図と第9図に別々に示されている2つの検出回路で実際に構成される。第7図には、差の平方の和(SSD)検出器を実現するn×n論理回路が、n=5である例について示されている。この検出器は型一データベース検出のために通常用いられるが、型一評価のために用いることもできる。第7図に示されている回路により実現される概念を良く理解するために、第8図を参照する。第8図は左側データ流からのピクセルCPL上に中心を置く5×5ピクセルアレイと、ピクセルCPR上に中心を置く対応する右側5×5ピクセルとをグラフ的に示すものである。

矢印で示すように、右側アレイの各ピクセルは、示されている副ピクセル移動だけデータがオフセットされる24個の付加アレイを形成するように、右側アレイはXとYの両方向にピクセルの1/3の増分だけ種々に移動させられる。それから、左側アレイの各ピクセルが、移動させられた各右側アレイからの各ピクセルから引かれ、その差を自乗して加え合わせる。その和の値をしきい値THRと比較して、図示のアンドゲートへの25の入力端子11～125の1つに欠陥信号または非欠陥信号を生ずる。

アンドゲートへの入力の全てが欠陥を指示したら、そのアンドゲートは欠陥出力信号を発生する。しかし、アンドゲートへのいずれかの入力が非欠陥を示したとすると、アンドゲートは非欠陥を示す出力信号を発生する。説明を明確にするために、第8図の左側に示されているアレイは、ピクセル136に中心を置く第2図に示されて

いるピクセルアレイに一致することがあることがあるであろう。

再び第7図を参照して、 5×5 の検出回路を構成する回路が差の和ゲートアレイ200（第11図を参照して後で説明する）を25個含む。各差の和ゲートアレイは、マスク記憶装置40から受けた左側データ流からの5つの4ビットピクセル入力と、マスク記憶装置42から受けた右側データ流からの5つの4ビットピクセル入力とを受けれる。各ゲートアレイ200は、第8図を参照して先に述べた差の平方和検出機能を実行する。左側データ流からのデータはレジスタ202により受けられる。それと同時に、このレジスタは行L1～L5内のピクセルからのデータを各ゲートアレイ200へクロック制御して入力させる。したがつて、任意の5個のクロツク期間中に、第2図に示されているような、 5×5 の左側アレイが各ゲートアレイ200中に存在することがわかるであろう。

第8図に示されている右側アレイ移動を行うために、走査される8行（第2図に左側について示されている行に類似する）の各行からのデータが7個のPROM204へ隣接する対で入力される。それらのPROM204は、整列器38（第1図）からの入力により、移動させられた3組のデータをバレルシフタ206の21個の入力端子のうちの3個の入力端子へ出力させられる。整列器38の制御の下に、バレルシフタ206は移動させられたデータを17個の回路の各回路へ出力する。それらの回路の1つが参考番号208として示されており、一対のフリップフロップ210, 212と、PROM214と、別の5個のフリップフロップ216～224と、バレルシフタ226とを含む。PROM214は、水平方向ではなくて垂直方向に副ピクセル3個分の移動を行わせることを除き、PROM204により行われる機能と同種の機能を実行する。垂直方向への整数移動はフリップフロップ216～222を介するクロツク遅延により行われる。

各副回路208は5組の4ビットデータを出力する。それらのデータに対応する1つのゲートアレイ200へ与えられて、各ゲートアレイに、 5×5 左側アレイに加えて、 5×5 の移動させられたアレイ（第8図）の1つに対応するデータを含ませる。各ゲートアレイはピクセルCPR上に中心を置く移動させられていないアレイを有する。それから、ゲートアレイは差の平方和計算を行つて、アンドゲート232への25本の入力線230へ出力を与える。そうするとアンドゲート232は、第8図を参照して先に説明したように、欠陥信号と非欠陥信号を出力欠陥線234に生ずる。

図と、これまで行った説明は、両方向にピクセルの1/3および2/3の増分で移動させられた 5×5 SSDアレイの 5×5 移動パターンについてのものであるが、副ピクセル増分が異り、SSDアレイの寸法が異なる他の移動パターンも使用できることを理解すべきである。更に、平方された差の和の代りに差の他の機能も欠陥検出器において使用することもできる。

第9図に、欠陥検出器44の第2の部分ブロック図で示されている。この第2の部分の目的は、検査されるデータの 2×2 面積減算検出を行うことである。第10図に示すように、右側データ流からの 2×2 ピクセルアレイが、整列器38の制御の下にピクセルの1/16の増分で、垂直方向（y）と水平方向（x）の少くとも1つの方向に移動させられて、整列器38の計算により決定された位置に達する。分析の実行においては、示されている左側アレイのピクセル内容が加算器294と296で加え合わされる。その和が減算器298において減算され、その差の絶対値が比較器299においてしきい値と比較される。その差の絶対値が入力しきい値より大きいと欠陥信号が発生される。

次に第9図を参照して、欠陥検出器44の 2×2 減算検出器部分について説明する。図示のように、ピクセル行L5とL6からのデータが一連のレジスタ250～256へ入力され、その中を移動させられて加算回路258へ与えられる。フリップフロップ256の出力に加えて、フリップフロップ254の出力も加算器258へ入力される。その結果、左側データ流からの 2×2 ピクセルアレイに対応するデータが加算器258へ同時に入力され、各4ピクセルの各ピクセルの和が出力されて減算器260の入力端子の1つに与えられる。

第9図の右上隅において、右側データ流のピクセル行R5, R6, R7からのデータが隣接する対として2個のPROM262へ入力される。それらのPROMはデータをピクセルの1/16の増分で水平方向に移動させる。移動させられたデータ流はレジスタ264, 266を通じて一対のPROM268へ入力させられる。レジスタ264の出力はPROM268へも入力させられることに注意されたい。整列器38（第1図）の制御の下に、PROM268はデータ流をピクセルの1/16の増分で垂直方向に移動させ、移動させられたピクセルデータはレジスタ270と272を通じて加算器274へ出力される。レジスタ270の出力は加算器274へ入力させられることにも注意されたい。その結果、加算器274の出力は右側の 2×2 ピクセルアレイ（これはピクセルの0～15/16の増分で水平方向と垂直方向に移動させられている）の和に対応する直列データとなる。それから加算器274の出力が、減算器260において、加算器258の出力から差し引かれ、その差の和が絶対値器276を介して比較器278の1つの入力端子へ与えられる。

絶対値器276の出力が、比較器278へ与えられているしきい値より大きいと、欠陥信号が欠陥線286へ出力される。

第9図は双一次補間による副ピクセルの移動を示すが、確度を高くするためにより高次の多項適合補間またはsin x/x補間を用いることもできる。

この回路は形検出器280も含む。この形検出器は、制御器48（第1図）から受けたいくつかのしきい値のうちの1つのしきい値を、レジスタ282とマルチプレクサ284

31

を介して比較器278へ入力させる。形検出器280は検出器ウインドウの内部またはウインドウにある縁部ピクセルの数を検出する動作と、ウインドウ内の形がトレースの1つの縁部であるか、トレースの両方の縁部であるか、隅であるか、透明な場面であるか、または不透明な場面であるかを決定する動作の2つの動作の少くとも一方を行う。それらの各状況に対して種々のしきい値が予め決定される。形検出器280は、PROMとPALに含まれている論理により、与えられたピクセル時刻にそれらの状況のどれが優勢であるかを判定し、比較器278または第7図の差の平方和ゲートアレイ200へ送るのに適切なしきい値を決定する。

比較器278または差の平方和ゲートアレイ200へ与えられるしきい値はダイナミックであることに注意されたい。

欠陥検出器44が線234からの差の平方和比較信号、または線286からの面積減算出力を出力できるようにするために、選択された信号を主欠陥線292へ出力する2対1マルチプレクサ290が設けられる。

第11図に第7図の差の平方和ゲートアレイ200の構成の一例がブロック図で示されている。後で説明するように、このゲートアレイは整列器38(第6図)においても用いられる。図示のように、左側からの5組のピクセルデータL1～L5と、右側からの5組のピクセルデータR1～R5がバツフアされ、ラツチ300へ入力されて、減算および平方回路302へ入力するために一時的に保持される。平方された差の絶対値がラツチ304へ入力され、それから加減器306へ与えられる。その加算器は5個の隣接するピクセルに対する差の平方和を出力する。その和はラツチ308へ与えられ、そこから減算器322と一緒にラツチ310～316へ同時に与えられる。ラツチ312, 314または316に格納されているデータを入力信号SELに応答して選択でき、その選択したデータをラツチ320に格納できる。ラツチ320に格納したデータは後で減算器322へ与えられる。

ラツチ310～322により、この装置は、特定の入力信号SELに応答して、 $n \times 5$ 平方和、 $n \times 4$ 平方和、 $n \times 3$ 平方和および $n \times m$ 平方和の少くとも4つのモードのいずれかで動作できる。それらのモードにおける平方和は連続して累算される。ここに、nは1～5に等しく、mは任意の数とすることができます。mは累算器326の大きさによってのみ制限される。選択されたモードに応じて

32

データはラツチ324を通じて累算器326へ送られる。

累算器326に累積されたデータは減算器327, 329の少くとも一方へ与えられる。減算器327においては累算されたデータ信号は大きさ比較器328へ入力されてしきい値HDと比較され、バツフアされてからラツチ330を介して比較器328へ与えられる。それから欠陥／無欠陥信号がラツチ332に保持され、バツフア334においてバツフアされてから線230(第7図)へ出力される。

線331を介して与えられる信号LOADに応じて、累積されているデータはラツチ336を介して回路329へ与えることもでき、そこから三状態バツフア338を介して出力点340へ出力させられる。これは整列誤差検出器184に含まれている45個のSSD回路で用いられる出力である。

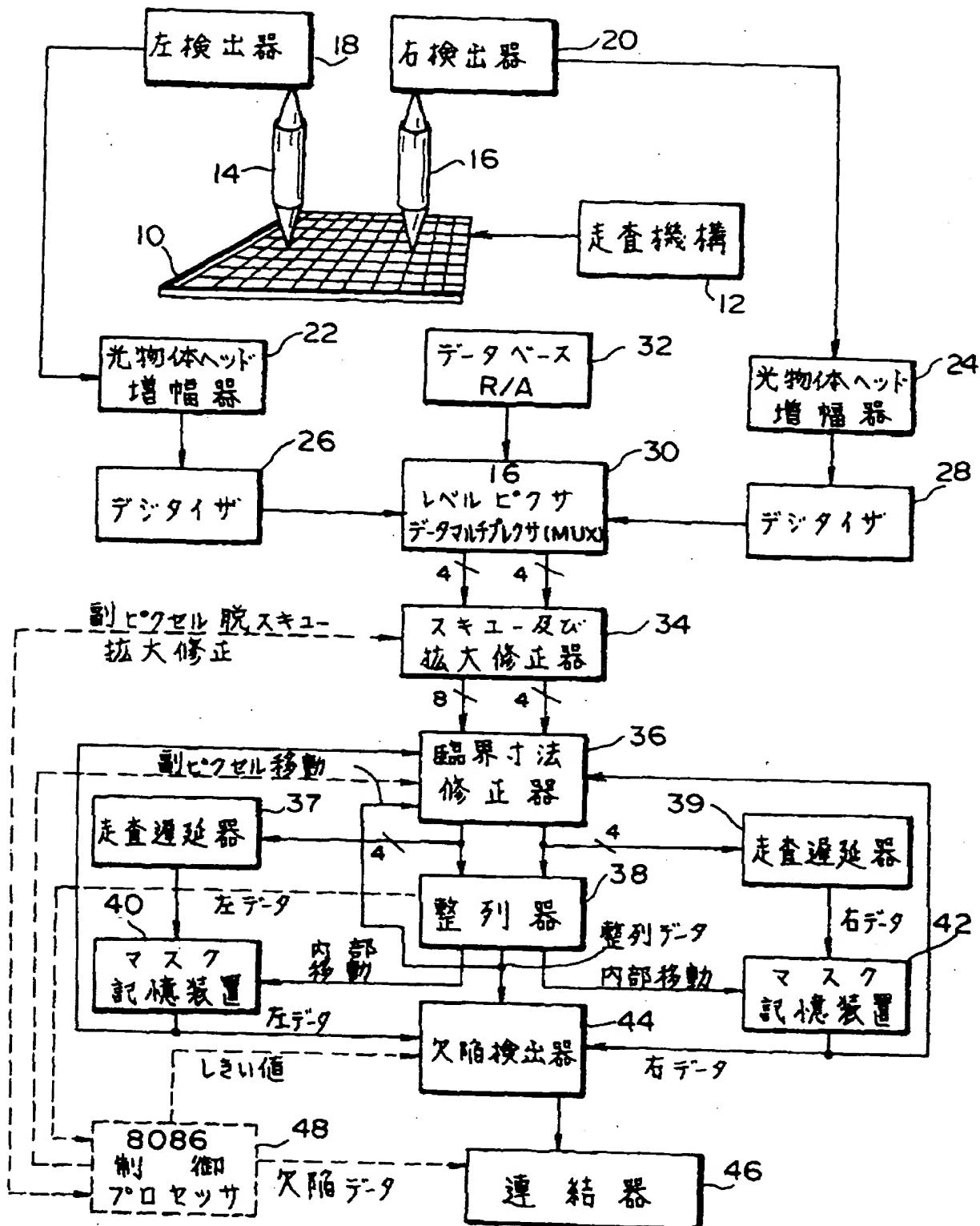
【図面の簡単な説明】

第1図は本発明の改良されたホトマスク検査装置のプロトク図、第2図はホトマスクを本発明に従つて走査するやり方を示す絵画的な図、第3図は第1図に示すスキューおよび拡大修正器のプロトク図、第4図は第3図のスキューおよび拡大修正器において行われる双一次補間の

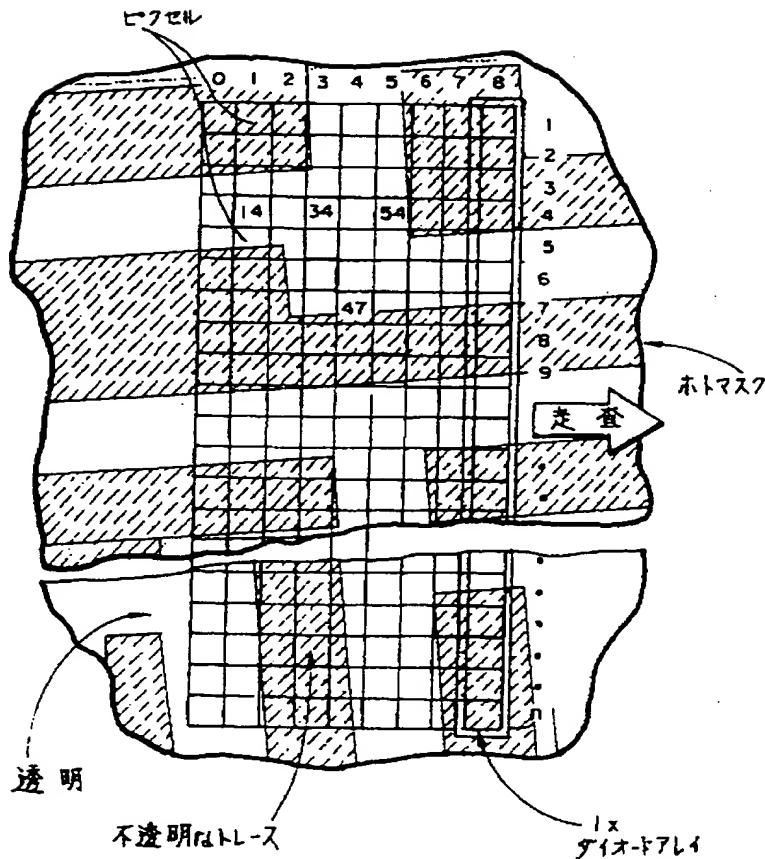
例を示す線図、第5図は第1図に示す臨界寸法(CD)修正器を示すプロトク図、第5a図はCD修正器により修正される誤差の性質を示す線図、第5b図は本発明に従つて行われるSカーブ再マッピングを示す線図、第6図は第1図に示されている整列器の主な部品を示す簡略化したプロトク図、第6a図、第6b図および第6c図は整列器の動作を説明する線図、第7図は第1図の欠陥検出器の一部の簡略化したプロトク図、第8図は第7図に示す検出器部分の動作を示す線図、第9図は第1図の欠陥検出器の第2の部分を示す簡略化したプロトク図、第10図は第9図に示す検出器部分の動作を示す簡略化した線図、第11図は本発明の平方和ゲートアレイの主な部品を示す簡略化したプロトク図である。

12……走査機構、18, 20……検出器、22, 24……光物体ヘッド增幅器、26, 28……デジタイザ、30……マルチプレクサ、34……スキューおよび拡大修正器、36……臨界寸法修正器、37, 39……走査遅延器、38……整列器、40, 42……マスク記憶装置、44……欠陥検出器、46……連結器、48……制御プロセッサ、84……X補間PROM、90……Y補間PROM、92……X補間EEPROM、94……Y補間EEPROM、126, 128……縁部検出器、114, 260……減算器、116…累算器、120, 134……記憶装置、186……整列プロセッサ、200……平方和ゲートアレイ、278……比較器。

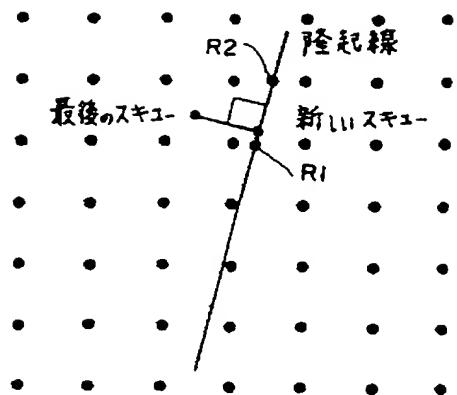
【第1図】



【第2図】



【第6c図】



【第4図】

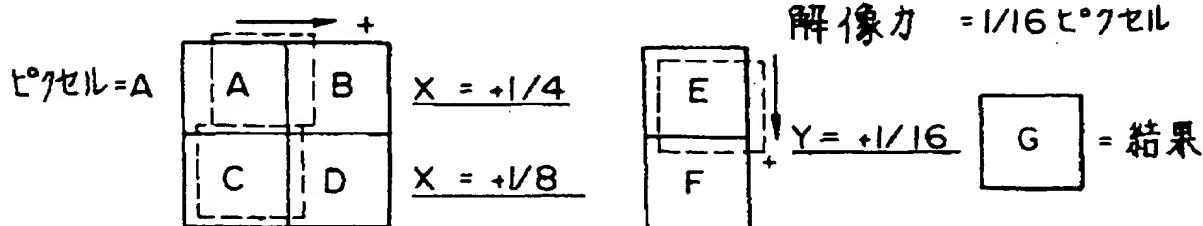
双一次補間の例

$$X \text{ 補間} = -2 \sim +\left(\frac{15}{16}\right) \text{ピクセルの } X \text{ 移動}$$

解像力 = $1/16$ ピクセル

$$Y \text{ 補間} = -1 \sim +\left(\frac{15}{16}\right) \text{ピクセルの } Y \text{ 移動}$$

解像力 = $1/16$ ピクセル

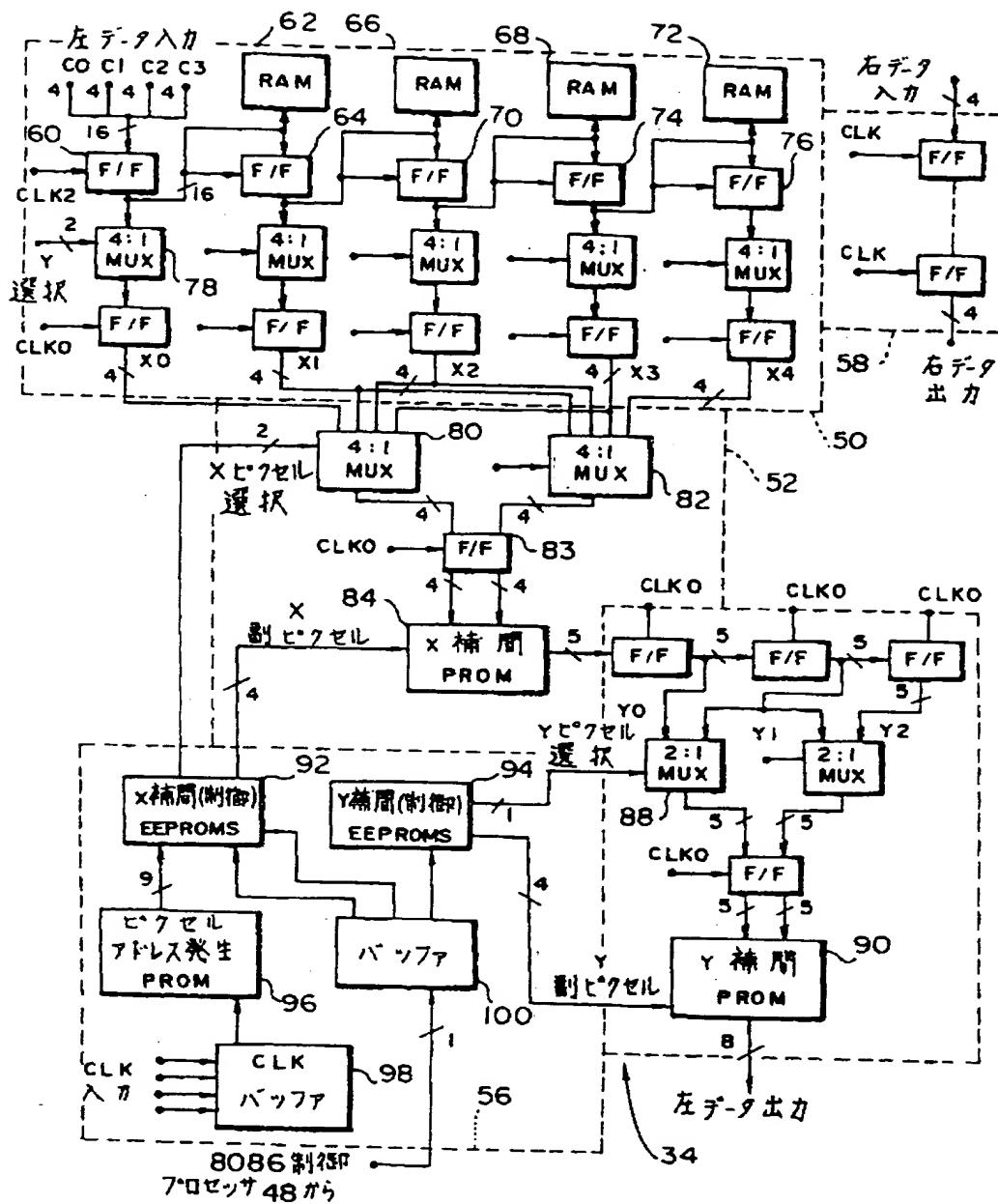


$$E = A(3/4) + B(1/4)$$

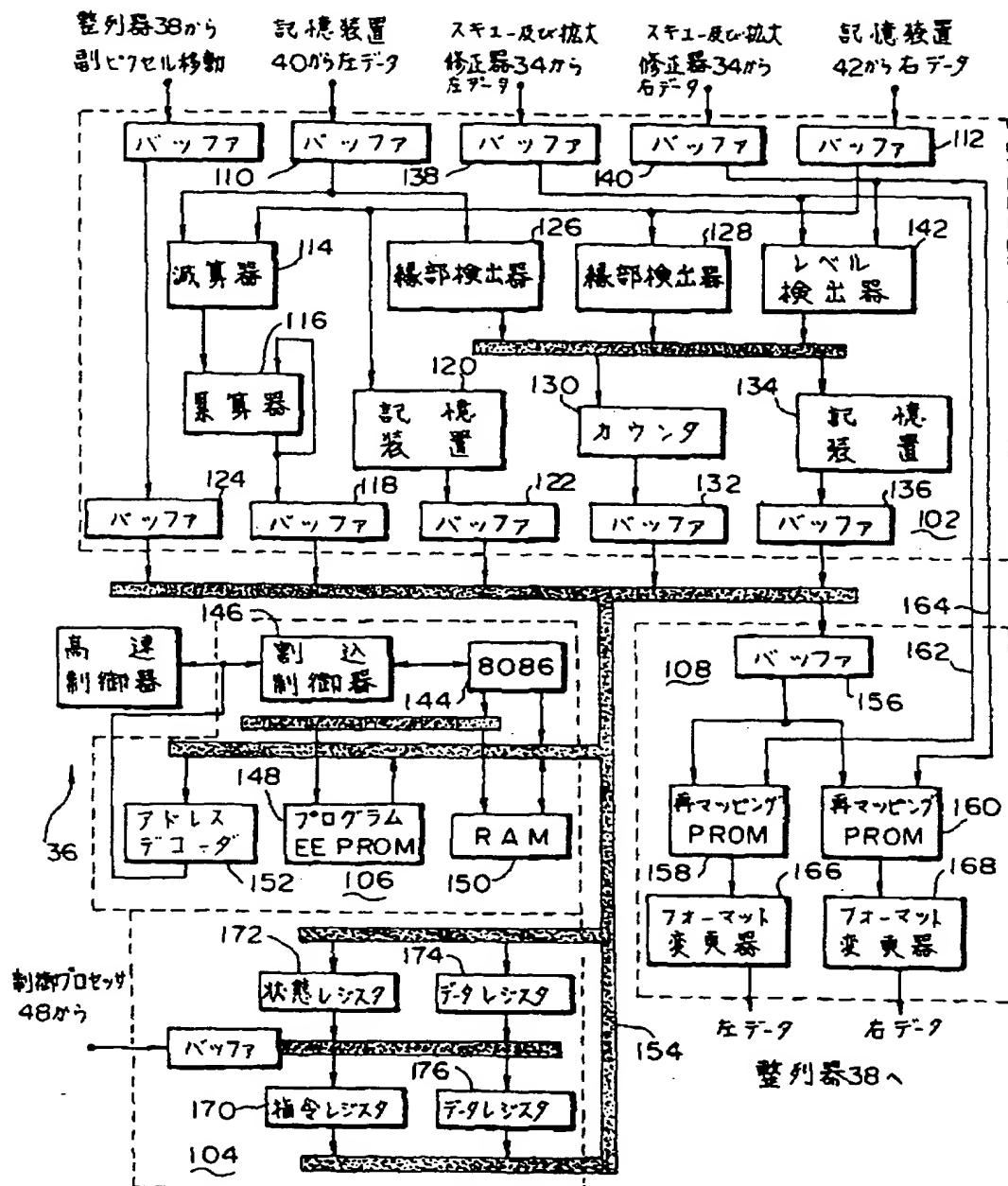
$$F = C(7/8) + D(1/8)$$

$$G = E(15/16) + F(1/16)$$

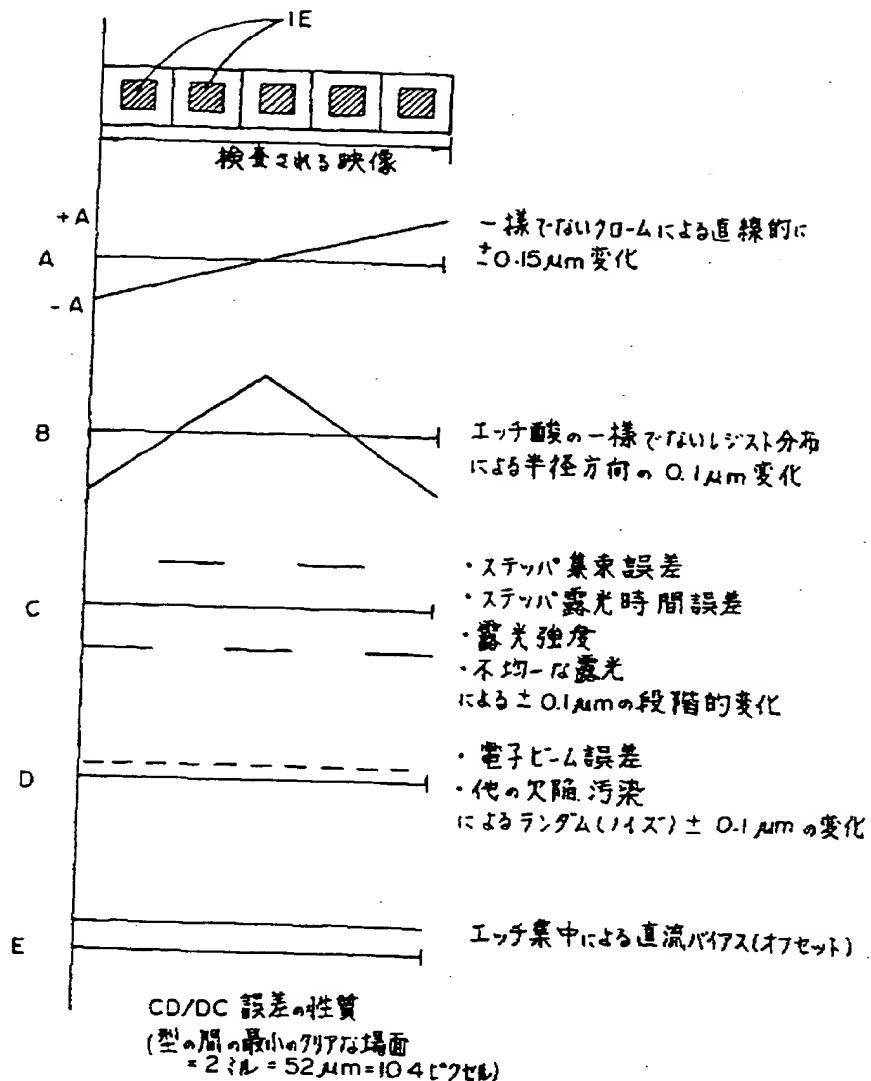
【第3図】



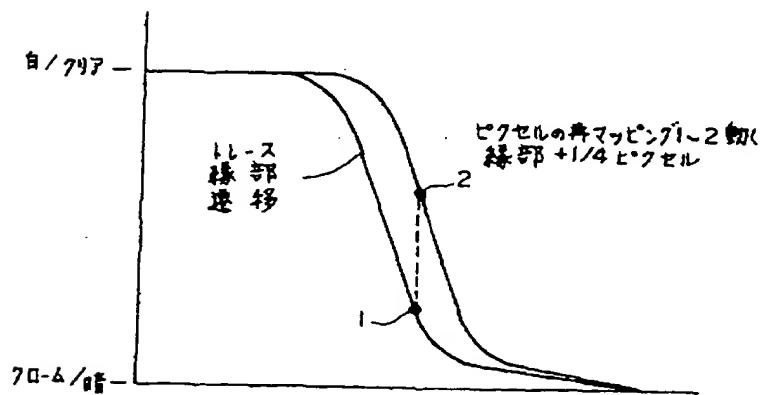
[第5図]



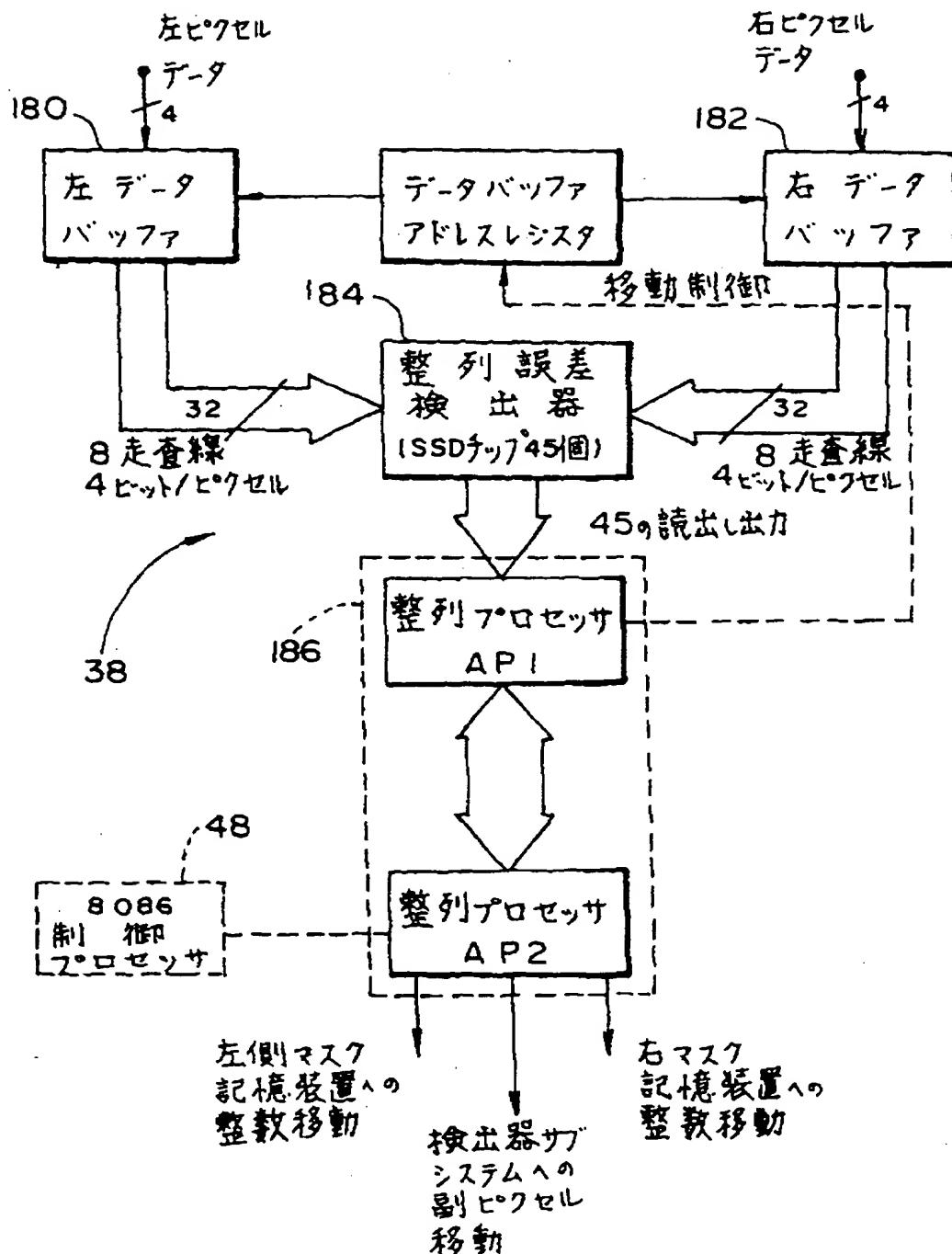
【第5 a図】



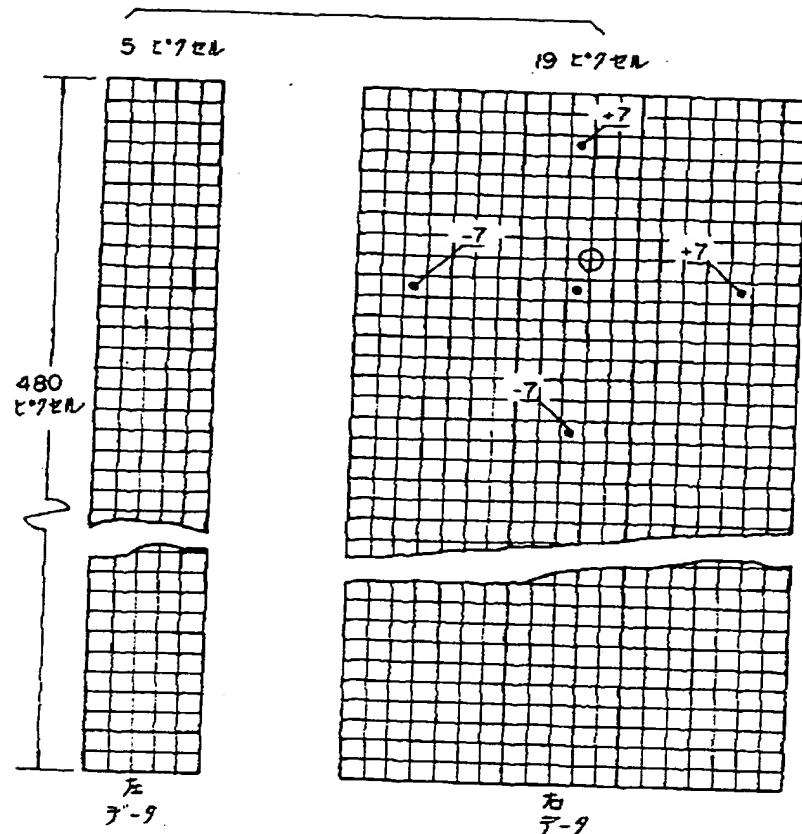
【第5 b図】



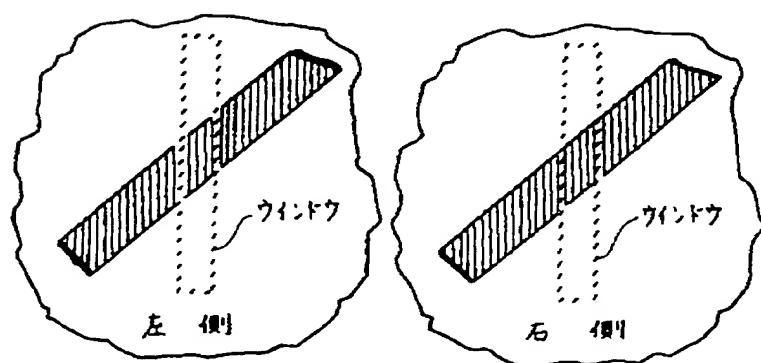
【第6図】



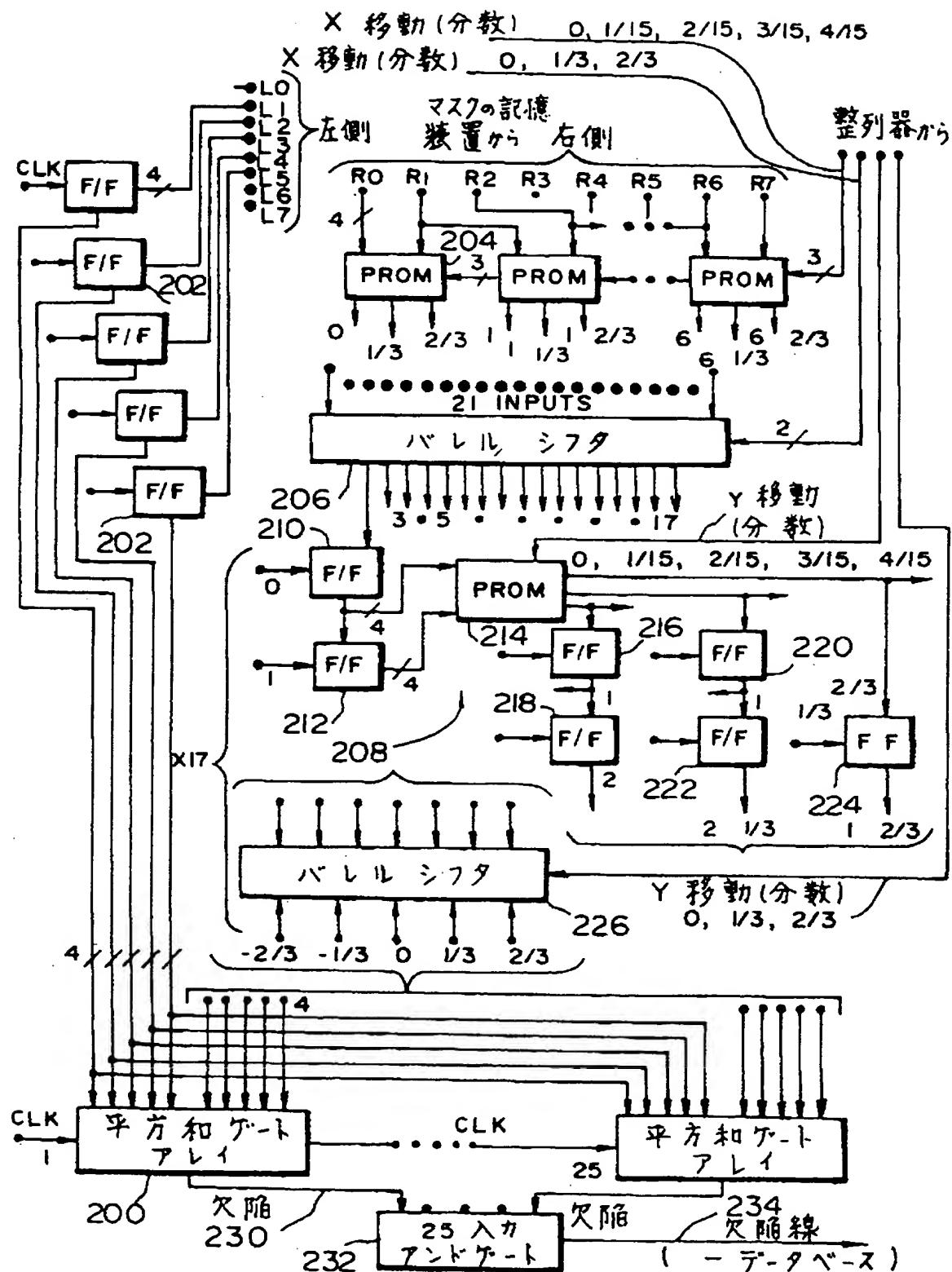
【第6a図】



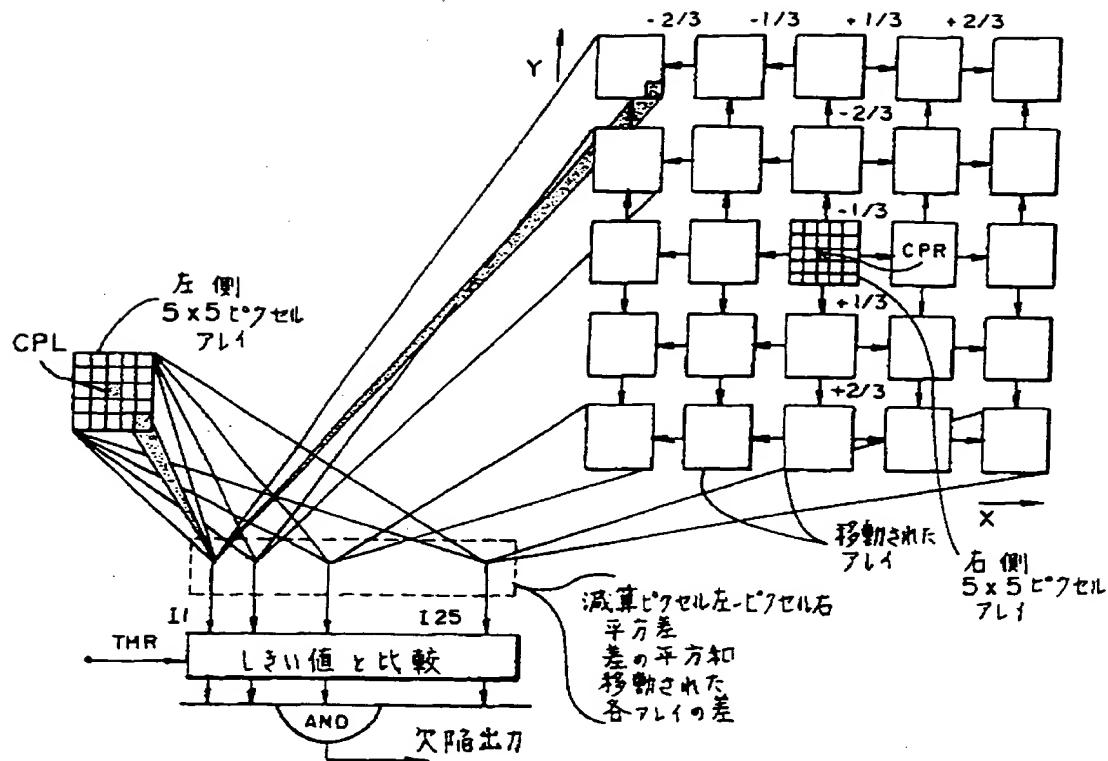
【第6b図】



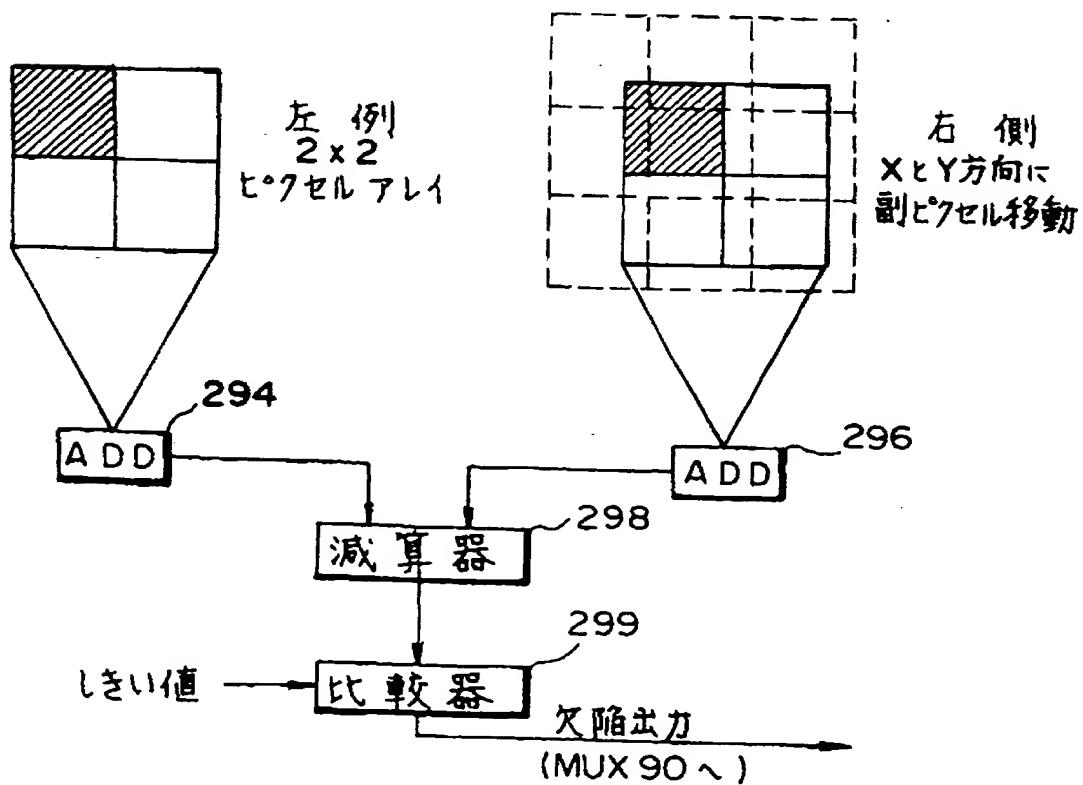
【第7図】



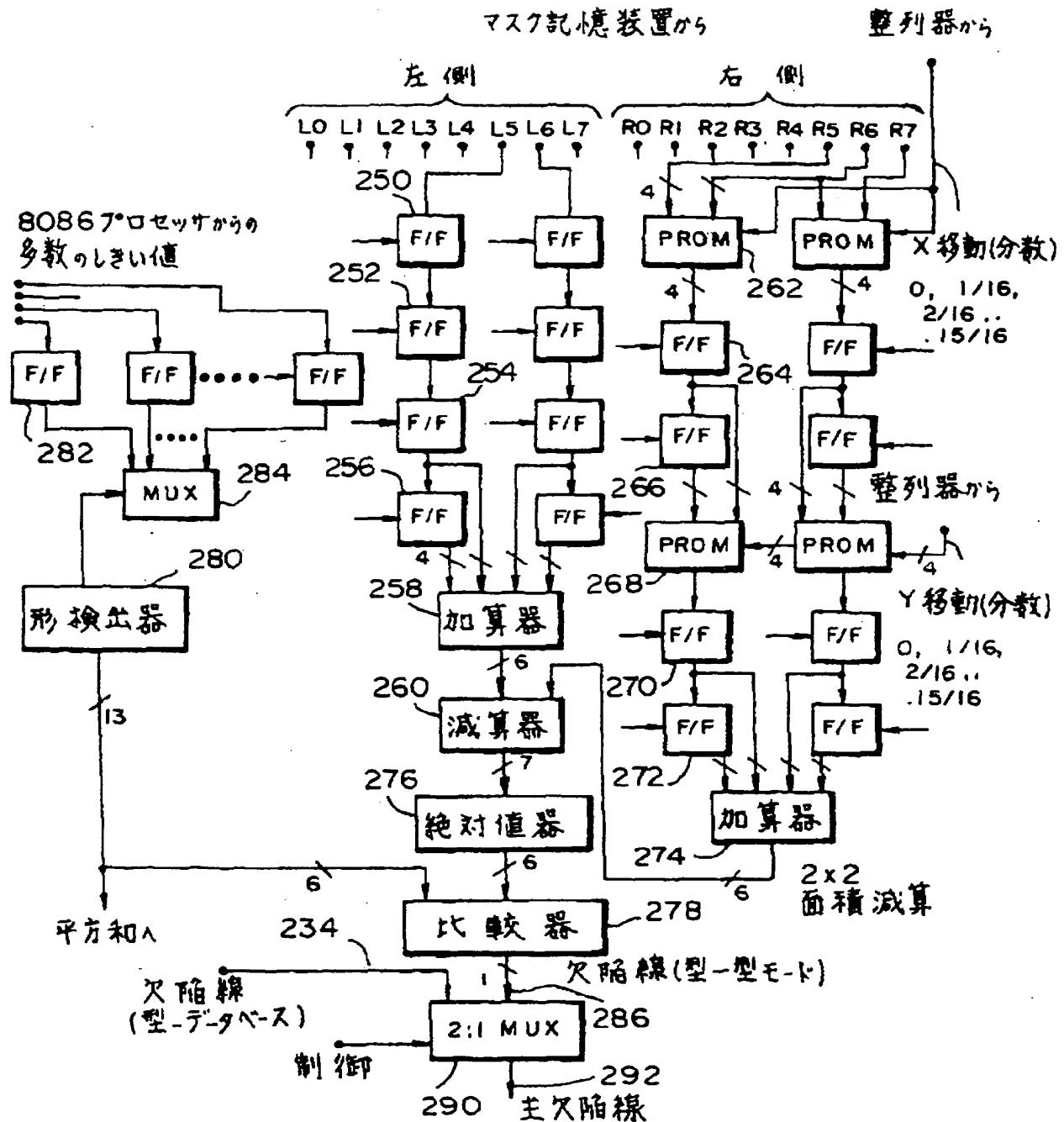
【第8図】



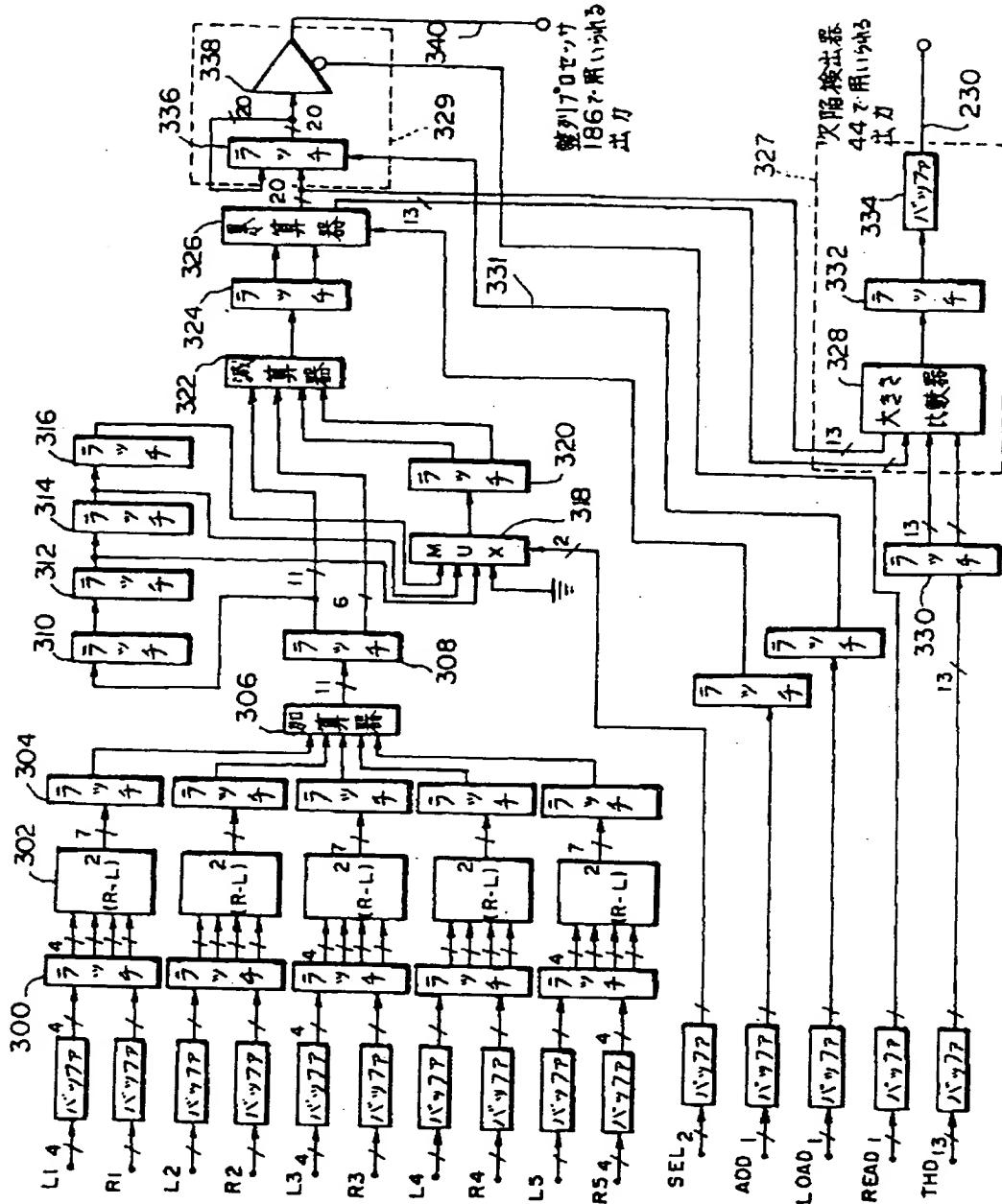
【第10図】



【第9図】



【第11図】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6
H 01 L 21/66識別記号 庁内整理番号
J 7514-4M

F I

技術表示箇所

(72) 発明者 スコット・エイ・ヤング
アメリカ合衆国95066カリフォルニア州、
スコット・ヴァレイ・テーバー・ドライ
ブ・468(72) 発明者 ジェームズ・ジェイ・ヘーガー, ジュニア
アメリカ合衆国95123カリフォルニア州、
サンホゼ・エントレーダ・オルモス、
5261

(12) 発明者 マシュー・ビイ・ラツカー
アメリカ合衆国94025カリフォルニア州・
メンロ パーク・アルトシユール アヴェ
ニュウ・1805

(56) 参考文献 特開 昭61-59575 (J P, A)

THIS PAGE BLANK (USPTO)